

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ
Katedra vozidel a motorů



VLIV PROVOZNÍCH PODMÍNEK NA EMISNÍ VLASTNOSTI KOTLŮ NA PLYNNÁ PALIVA.

(Influence of operating conditions on the emissions qualities of gas boilers.)

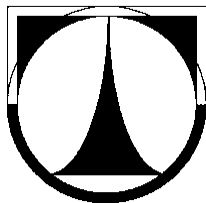
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Jméno a příjmení: Su Le Van

V Liberci dne 6. Ledna 2013

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ
Katedra vozidel a motorů



Obor : B2341 Strojírenství
Zaměření: 2302R022 stroje a zařízení
Dopravní stroje a zařízení

Vliv provozních podmínek na emisní vlastnosti kotlů na plynná paliva.
(Influence of operating conditions on the emissions qualities of gas boilers.)
bakalářská práce

KVM – BP –263

Jméno a příjmení: Su Le Van

Vedoucí bakalářská práce: Doc.Ing.Lubomír Moc,CSc. – TU v Liberci, KVM
Konzultant bakalářská práce: Ing.Pavel Brabec, Ph.D. –TU v Liberci, KVM

Počet stran: 72
Počet tabulek: 15
Počet výkresů: 47
Počet obrázků: 7

V Libereci dne 6.Ledna 2013

Anotace v českém jazyce:

Jméno a příjmení: Su Le Van
Program: B2341- Strojírenství
Obor: 2301R022 – Stroje a zařízení
Zaměření: Dopravní stroje a zařízení
Název práce: Vliv provozních podmínek na emisní vlastnosti kotlů na plynná paliva.
Číslo práce: KVM – BP– 263
Vedoucí práce: Doc.Ing.Lubomír Moc, CSc.
Konzultant práce: Ing. Ing.Pavel Brabec, Ph.D.

Cílem práce je ověřit vliv provozních podmínek a parametrů seřízení kotle na emisní vlastnosti plynového kotle. V praktické části sleduje veličiny ovlivňující emise (složení plynu, teplota plynu, tlak plynu) a analyzuje výsledky měření. Posuzuje závislosti emisí na jednotlivých parametrech (obsah kyslíku ve spalínách a výkon zdroje). Naměřená data analyzuje elektrochemickými články typ MRU 95/3 CD.

Klíčova slova: kotle, palivo, zemní plyn, výfukové plyny, emise, spalovací prostor.

Annotation in english language:

Name: Su Le Van

Programme: B2341- Bachelor of Mechanical - Engineering

Obor: 2301R022 – Machinery and equipment

Course: transport equipment

Název práce: Influence of operating conditions on the emissions qualities of gasboilers.

Číslo práce: KVM – BP– 263

Vedoucí práce: Doc.Ing.Lubomír Moc, CSc.

Konzultant práce: Ing. Ing.Pavel Brabec, Ph.D.

Title: Influence of operating conditions on the emissions qualities of gas boilers.

The aim of this bachelor work is to verify influence of operating conditions and adjustment parameters on emission qualities of a gas boiler. In the practical part, studies quantities influencing emissions (gas composition, gas temperature, gas pressure) and analyses results of measuring. Assesses dependences of emissions on particular parameters (content of oxygen in combustion products and output of source). Analyses measured data by electrochemical cells of type MRU 95/3 CD.

Keywords: boiler, fuel, natural gas, exhaustible gas, emission, combustion chamber.

Desetiné třídění:

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra vozidel a motorů.

Dokončeno: 2012

Archivní označení zprávy:

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci, dne .../.../201.

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval panu Doc. Ing. Lubomír Moc, CSc. za odborné vedení bakalářské práce, jeho cenné rady a čas strávený při konzultacích. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu po celou dobu studií, bez které by tato práce nikdy nemohla vzniknout. Děkuji.

Su Le Van
Liberec 2012

Seznam použitých symbolů a označení:

C_i	hmotnostní koncentrace složky emise	mg/m ³
$C_{v,i}$	objemová koncentrace složky emise v suchých plynech	ppm, %
E_i	emisní tok složky	Kg/h
f_i	emisní faktor složky	kg/10 ⁶ m ³ , kg/10 ⁶ g
G	hmotnost	kg
L_t	teoretické množství vzduchu na spálení 1kg paliva při stechiometrické směsi	Kg/kg
P	podíl nemetanových uhlovodíků	%
p_b	atmosférický tlak	Pa
ΔP_{cl}	tlakový spád na clonce	Pa
V	objem, objemový průtok	m ³ , m ³ /h
CO	složka oxidu uhelnatého	
T.HC	součet nespálených uhlovodíků	
NO _x	součet oxidů dusíku	
O ₂	kyslík ve spalínách kotle	
ε	přesnost měřidla	%
δ	střední relativní odchylka	%
λ	součinitel přebytku vzduchu	
ρ	hustota	kg/m ³
τ	doba spotřeby, průtoku	
σ	střední směrodatná odchylka	
stř	střední parametru v měření	
γ	Vařiační koeficient	(%)

OBSAH:

1	Úvod:	11
2	Přehled jednotlivých složek emisí:	12
2.1	Rozdělení škodlivin dle jejich charakteru:	12
2.1.1	Chemické:	12
2.1.2	Mechanické:	12
2.1.3	Tepelné:	12
2.2	Vznik chemických škodlivin v plynovém kotli:	12
2.2.1	Oxid uhličitý CO ₂	12
2.2.2	Oxid uhelnatý CO:	12
2.2.3	Nespálené uhlovodíky HC:	13
2.2.4	Oxidy dusíku NO _x :	13
2.2.5	Pevné částice:	13
2.2.6	Oxidy síry :	13
3	Měření koncentrace plyných škodlivin ve spalinách	13
3.1	Měření založené na principu absorpce infračerveného záření	14
3.2	Měření s využitím chemické luminiscence	15
3.3	Měření založené na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene:	16
3.4	Měření paramagnetických vlastností:	18
3.5	Měření s elektrochemickým analyzátozem typ MRU 95/3 CD	19
3.5.1	FUNKCNÍ PRINCIP:	19
3.5.2	Uvedení přístroje do chodu:	21
4	Přehled veličin ovlivňujících emise :	22
4.1	Tab – časový průběh složení plyn	23
4.2	Výpočet výhřevnost Hu(kwh/m ³)	23
4.3	Úvaha o kolísání teplot plynu a tlaku plynu:	25
5	Všeobecná ustanovení pro provoz stacionárních zdrojů znečišťování:	26
5.1	Vyhláška Ministerstva životního prostředí	26
5.2	Měření stacionárních zdrojů:	28
5.2.1	Zjišťování znečišťujících látek:	28
5.2.2	Provedení jednorázového měření:	29
5.2.3	Vyhodnocení jednorázového měření:	31
5.3	Limity stanovení vyhláškou MŽP	31

5.3.1	Kotle spalující kapalná paliva:	32
5.3.2	Kotle spalující plynná paliva	32
6	Výpočet měrných koncentrací $c_{s3\%}$ a emisních faktorů:	32
6.1	Korelace, metody regresní analýzy:	32
6.2	Korekce na smluvní koncentraci kyslíku ve výfukových plynech :	34
6.3	Přepočet objemových koncentrací na hmotnostní :	34
6.4	Přepočet koncentrace v suchých plynech na koncentrací ve vlhkých plynech	34
6.5	Vypočet hmotnostního toku emisí škodlivin	35
6.6	Hmotnostní tok exhalací.	35
6.7	Výpočet emisního faktoru:	36
6.8	Statistické zpracování naměřených hodnot:	37
6.8.1	Vyhodnocení variability objemových koncentrací emisí:	37
6.8.2	Vyhodnocení variability objemové koncentrace emisí přepočtených na obsah 3% O ₂ :	38
6.8.3	Výpočet variability emisních toků:	38
6.8.4	Měření objemového přepočtu množství paliva	39
6.8.5	Stanovení hmotností spalin v cyklu:	40
6.8.6	Střední koncentrace složek ve vlhkých plynech:	40
6.8.7	Výpočet variability emisního faktoru:	41
6.9	vliv přepočtu koncentrace na smluvní procento O ₂ - 3%:	41
7	Analýza výsledků autorizovaných měření emisí:	41
7.1	Přehled měřených zdrojů:	42
7.2	Analýza období 2003-2011 vybraných stacionárních zdrojů.	47
7.2.1	PŘÍLOHA ANALÝZA VÝKONU:	48
7.2.2	PŘÍLOHA ANALÝZA KYSLÍKU:	55
7.2.3	PŘÍLOHA ANALÝZA ČASOVÁ:	63
8	Závěr:	70
9	Seznam použité literatury:	71

1 Úvod:

Významné rozšíření používání zemního plynu jako paliva pro kotle nastalo již v minulém století a bylo ovlivněno především nízkou cenou zemního plynu. Cena zemního plynu se pohybovala v rozmezí 5 Kč za m³.

V dnešní době, kdy cena zemního plynu je výrazně vyšší, je stále zemní plyn hodnocen jako nejspolehlivější palivo pro výrobu tepla pro vytápění a to i tím, že oproti ostatním palivům produkuje nejméně znečišťujících látek do životního prostředí.

K vytápění v České Republice využívá zemního plynu více než 1 milión domácností. Požadovaná úspora zemního plynu vede výrobce k novým technologiím.

Kotle pro průmyslové účely byly používány 50. let minulého století a po další desítky let nejspíše ještě budou provozovány s klasickými nosiči energie - olejem a plynem. Dnes je odběratelům distribuován výhradně zemní plyn, používání kapalných paliv má pouze okrajový význam v některých specifických oblastech či výrobních technologiích.

V důsledku omezených světových zásob těchto paliv a existence kartelu dodavatelů ropy je nutné ve střednědobé a dlouhodobé perspektivě počítat s celosvětově trvale stoupajícími cenami energie. V dnešní době má zemní plyn mnohá využití. Je skoro tak univerzální jako ropa a zároveň šetrnější k životnímu prostředí.



Obr. 1 Graf využití energetických zdrojů.

V České republice nejsou významná naleziště zemního plynu, nevytěží se zde ani 1% tuzemské roční spotřeby zemního plynu.

Zvýšení ekonomických parametrů plynových kotlů lze zajistit optimalizací provozních podmínek kotle. Některé parametry, které ovlivňují provoz kotle, jsou analyzovány v předložené bakalářské práci a současně jsou popsány i složky škodlivých emisí ve spalinách plynových kotlů. K analýzám byly použity hodnoty z protokolů o autorizovaných měřeních, které byly naměřeny v období 2000 – 2011 na katedře vozidel a motorů.

2 Přehled jednotlivých složek emisí:

2.1 Rozdělení škodlivin dle jejich charakteru:

Provozem kotlů vznikají škodliviny, které jsou emitovány do ovzduší. Podle charakteru a způsobu působení na okolí lze tyto škodliviny rozdělit na :

2.1.1 Chemické:

Jsou to látky jedovaté — toxické (škodlivě působící na živé organizmy jejich přímým poškozováním) a látky mutagenní (schopné vyvolat nežádoucí změny genetického kódu pro reprodukci buněk , zejména karcinogeny, vyvolávající zhoubné bujení. Jde především o plynné, z části i pevné složky výfukových plynů. Pevné složky mohou působit na pevné tkáně i mechanickým podrážděním- např. azbest, saze.

2.1.2 Mechanické:

Působící na živé organizmy i ostatní okolí nežádoucími vibracemi a hlukem. Účinky hluku na lidský organizmus se např. Projevují poruchou funkce sluchového ústrojí, zvýšením krevního tlaku, průběhem nejvyšších nervových funkcí, ovlivňují motorické a smyslové vjemy, emocionální poruchy apod. Z těchto důvodů se v dnešní době klade důraz na snižování hranic hlučnosti nejen motorů, ale celých automobilů, či strojů.

2.1.3 Tepelné:

Mají vliv na teplotní stav okolí, a to přímo, v podobě odpadního tepla vzniklého přeměnou části energie, nebo nepřímo, působením emisí. Odpadní teplo v kombinaci s jinak neškodnými plyny, absorbujícími tepelné záření (mezi ně patří oxid uhličitý CO_2 , metan) a omezujícími sálání z povrchu Země do vesmíru, (skleníkový efekt) může způsobit globální oteplení spojené stáním polárních ledovců a stoupnutí hladiny oceánu.

Další účinky (vedlejší) vznikají během výroby stroje samotného i jeho provozních hmot (především paliva a mazacího oleje). Během práce stroje bude třeba opotřebované díly kotlu a provozní hmoty, po uplynutí jejich životnosti, vhodně likvidovat např. použitý olej). K poškozování životního prostředí také dochází vlivem nezodpovědnosti, příp. s haváriemi, unikání oleje do okolí, a pod.

2.2 Vznik chemických škodlivin v plynovém kotli:

2.2.1 Oxid uhličitý CO_2

Při spalování uhlovodíkových paliv se vzduchem vzniká jako výsledek dokonalé oxidace uhlíku a vodíku obsaženého v palivu oxid uhličitý (10 až 13% CO_2) a vodní pára (10% H_2O).

Poměr těchto složek závisí na složení paliva.

2.2.2 Oxid uhelnatý CO:

Vzniká při nedokonalém spalování za nedostatku kyslíku (lokálním nebo celkovém), disociací produktů dokonalého spalování při vysokých teplotách (nad 2000°C), nedostatku času pro oxidaci, a vlivem tzv. „zamrznutí“ (neúplná oxidace). Příčinou „zamrznutí“ oxidačních reakcí je snížení teploty (pod 1700°C) během expanze. K tomuto jevu dochází zejména při spalování chudých směsí (vyšší hodnota součinitele přebytku vzduchu).

2.2.3 Nespálené uhlovodíky HC:

HC vzniklé z paliva jsou výsledkem předčasně zastavených oxidačních reakcí v některých částech spalovacího prostoru, které byly ukončeny dříve, než mohl proběhnout celý proces jejich oxidace (nedokonalé spalování).

2.2.4 Oxidy dusíku NO_x:

Při použití vzduchu jako okysličovadla je vždy nejvýznamnější (co do obsahu) složkou spalin dusík (N₂). Při spalovacích procesech vzniká oxid dusný (N₂O), který není toxický, oxid dusičitý (NO₂) a oxid dusnatý (95% NO) - oba jsou toxické. Emise NO_x vznikají v kotlích při vysokých teplotách a tlacích oxidací vzdušného kyslíku. Největší podíl oxidů dusíku se vytváří v době nejteplejší fáze spalování (počátek oxidace paliva). Oxid dusný vzniká vazbou s molekulárním, ale i atomárním kyslíkem a následnou oxidací v atmosféře se přetváří na oxid dusičitý (NO₂). Vlivem zředujícího účinku nadbytečného vzduchu, do jisté míry i mírným poklesem teplot plamene, klesá podíl NO_x s rostoucím přebytkem vzduchu.

2.2.5 Pevné částice:

Pevné znečisťující látky, souhrnně označovány jako pevné částice PM (particulate matter), v sobě zahrnují různé fáze (pevné kapalná) rozličných druhů sloučenin : popel karbon , saze, oxidy, těžké kovy(Ni , Cd, Pb Hg,) kapalné částice jsou tvořeny kapkami uhlovodíků, které pocházejí z paliva. PM částice mají porézní strukturu s velmi velkým specifickým povrchem. Vlivem těchto vlastností na sebe vážou ostatní sloučeniny (adsorpce plynu) , zejména nespálené uhlovodíky (typ PAH) a SO₂ . V organizmech se tyto látky opět uvolňují (např. po vdechnutí), čímž stoupá jejich rizikovost. Jejich velikost se pohybuje v rozmezí 0,3 ÷ 1 μm. Pevné částice mají karcinogenní a mutagenní účinky. Velikost koncentrace PM se odvíjí od konstrukčního provedení kotle a množství síry v použitém palivu.

2.2.6 Oxidy síry :

Emise SO₂ závisí výhradně na složení paliva, v případě dodatečné oxidace katalyzátorem vzniká z SO₂ ještě nebezpečnější SO₃ (který se může transformovat na kyselinu sírovou H₂ SO₄). Při spalování zemního plynu je produkce SO₂ zcela zanedbatelná. Kontrola emisí SO₂ nepodléhá přímo emisním předpisům, ale omezuje se pomocí stanovených limitů obsahu síry v palivu (má sestupný trend).

3 Měření koncentrace plynných škodlivin ve spalinách

Jednotlivé měřicí analyzátory, pro zjišťování koncentrací škodlivých složek emisí využívají různé fyzikální jevy. Základní principy měření analyzátorů jsou stručně popsány v následující části práce.

3.1 Měření založené na principu absorpce infračerveného záření

Při průchodu elektromagnetického záření vrstvou plynu je část procházející energie pohlcena. Pro každou vlnovou délku λ platí LAMBERTŮV – BEERŮV absorpční zákon :

$$I_{1,\lambda} = I_{0,\lambda} \cdot e^{-\epsilon \rho l}$$

Kde:

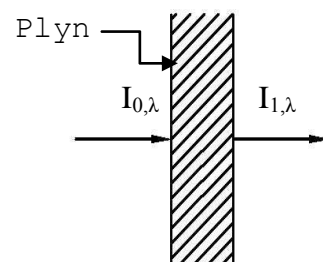
ϵ je absorpční koeficient,

ρ je hustota plynu,

l : délka absorpční dráhy (tloušťka vrstvy plynu).

$I_{1,\lambda}$ je intenzita záření po průchodu plynem

$I_{0,\lambda}$ před průchodem plynem.

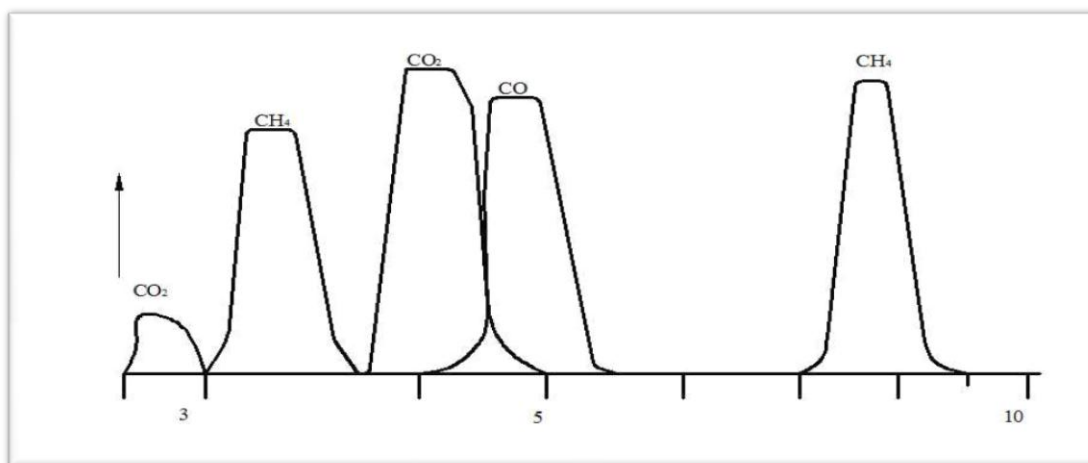


Pro zjištění přítomnosti individuálního plynu v analyzované směsi se využívá skutečnost, že závislost absorpčního koeficientu na vlnové délce záření je individuální vlastností plynů, které obsahují v molekule alespoň dva různé atomy.

Absorpce záření je:

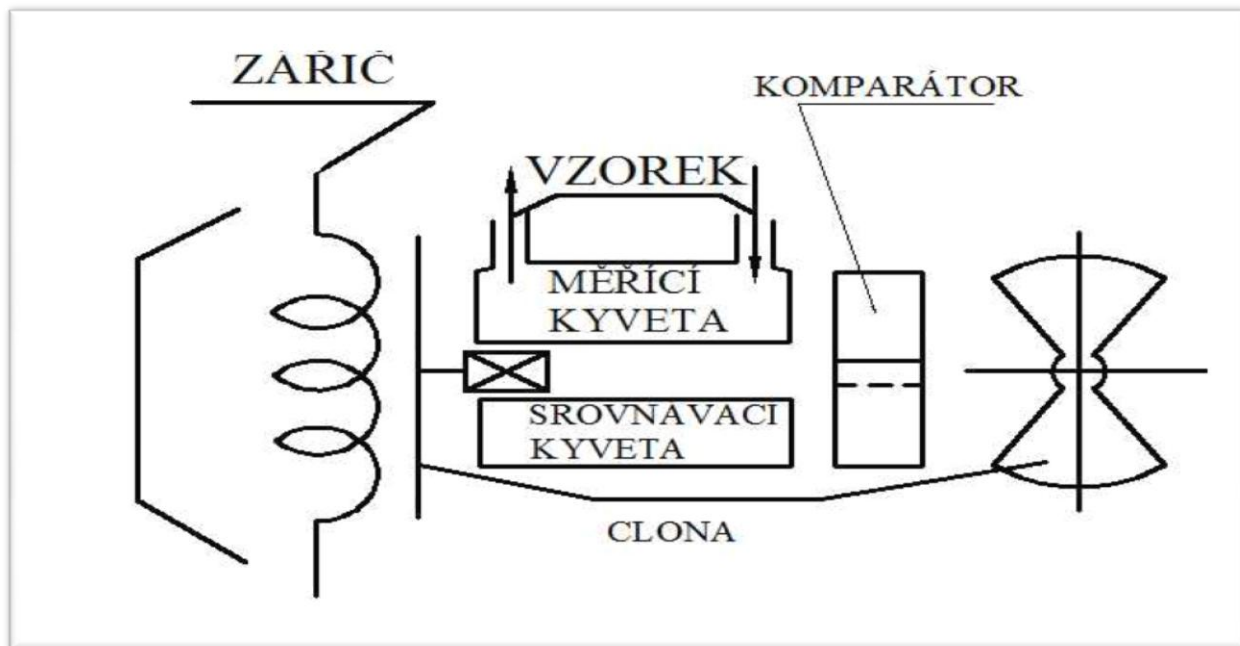
$$A_{\text{celk}} = \int ((I_{0,\lambda} - I_{1,\lambda})/I_{0,\lambda}) d\lambda = \int (1 - e^{-\epsilon \rho l}) d\lambda$$

Absorpci ideálního plynu tedy určuje plocha pod křivkou $A(\lambda)$:



Obr.2. Absorpční spektra výfukových plynů

Infračervené záření emitované zářičem prochází kyvetami s okny z materiálu, který propouští pouze příslušné vlnové délky. V analyzátoru jsou umístěny dvě kyvety, měřicí a srovnávací. Srovnávací kyveta je naplněna plynem, který nepohlcuje infračervené záření (např. N_2) viz. obr. 2. Analyzátoři využívající tohoto principu nejsou schopny proto měřit obsah NO_x .



Obr. 3. Infraanalyzátor výfukových plynů

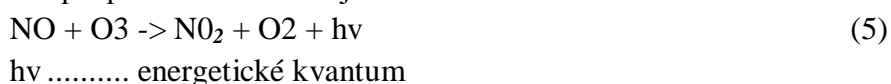
Měřicí kyveta se proplachuje vzorkem analyzovaného plynu, přičemž část procházejícího záření je případně pohlcena. Rozdíl v intenzitě záření je tedy měřítkem koncentrace všech absorpčně činných plynů ve vzorku. Selektivnost přístroje se dosáhne komparátorem složeným ze dvou komor naplněných plynem, jehož koncentrace v analyzované směsi se zjišťuje. Plyn v komparátoru pak absorbuje pouze v oblasti individuálního absorpčního spektra a náplň komor se ohřívá rozdílně v závislosti na koncentraci sledované složky ve vzorku.

Při kontinuálním osvětlování komparátoru zářením procházejícím kyvetami by se teplota náplně asymptoticky blížila stavu jeho rovnováhy přívodu energie a ztrát sdílením tepla do okolí. Pro usnadnění dalšího vyhodnocení signálu se tok záření moduluje rotující clonou, takže průběh teploty komor je periodický. Amplituda rozdílu teplot je v ustáleném stavu úměrná koncentraci sledované složky. Komory jsou fyzicky odděleny membránou, která se prohýbá podle změn tlaku v komorách. Membrána tvoří jednu elektrodu kondenzátoru, jehož kapacita je součástí dalších obvodů pro zpracování signálu.

Tento druh analyzátoru je vhodný pro měření koncentrace CO a CO₂, pro měření obsahu HC pouze orientačně (obsah HC se měří analyzátory založenými na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene). Pro měření obsahu NO_x je nutno použít jinou metodu (např. měření s využitím chemické luminiscence). Pro měření obsahu kyslíku se užívá analyzátor založený na měření paramagnetických vlastností plynů.

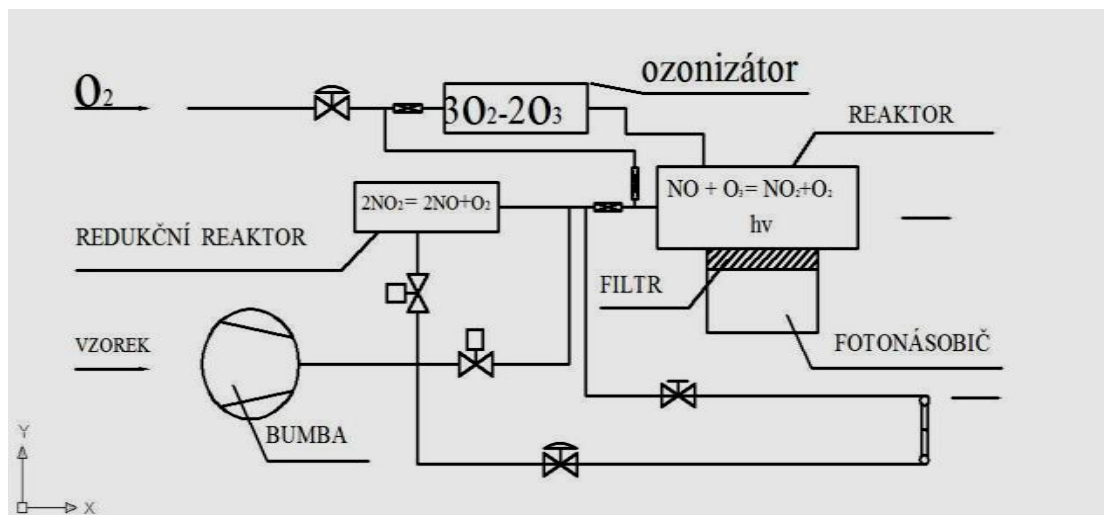
3.2 Měření s využitím chemické luminiscence

Chemická luminiscence je emise specifických energetických kvant (protonů) provázející některé chemické reakce. Tato metoda používá pro stanovení koncentrace oxidů dusíku. Globální zápis předmětné reakce je:



h Planckova konstanta

ν frekvence



Obr.4 Schéma analyzátoru

Ozón se vyrábí v přístroji (obr. 4) působením elektrostatického pole o vysokém napětí na molekuly kyslíku. Společně se vzorkem spalín se přivádí do reaktoru, v němž je zabudován fotonásobič, jehož výstupní signál je úměrný množství dopadajících energetických kvant (selektivita na frekvenci ν se dosáhne předřazením optického filtru). Výstupní signál fotonásobiče se dále zpracovává elektronikou přístroje.

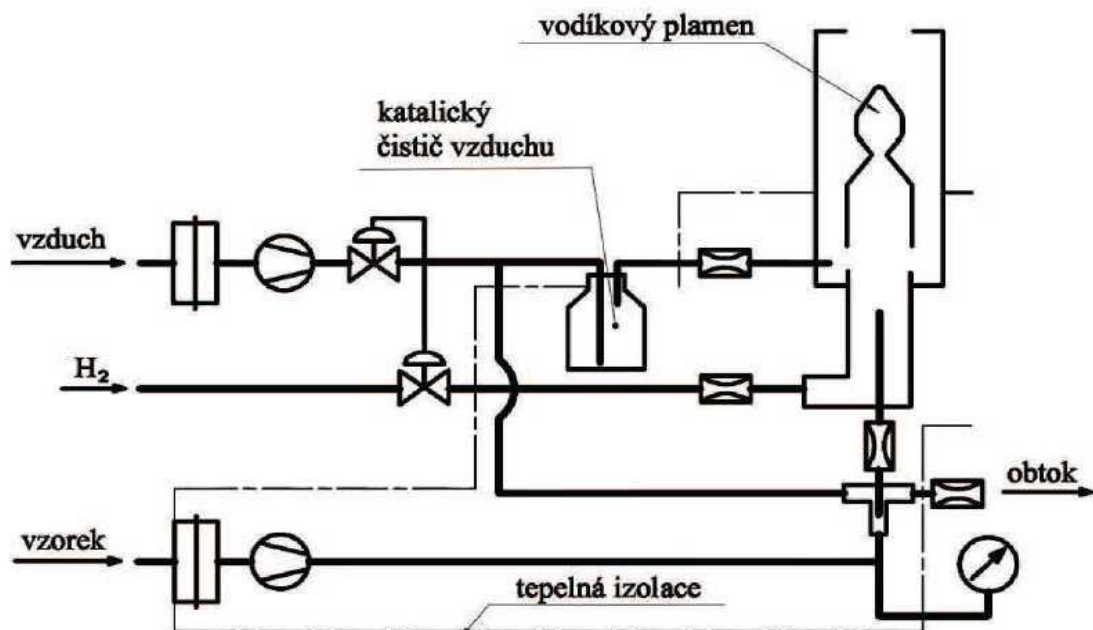
Jako vstupní látka reakce (5) figuruje z oxidů dusíku pouze NO. Pro zjištění celkové emise oxidů dusíku ($\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$) se přepnou elektromagnetické ventily (obr. 4) tak, aby vzorek procházel vyhřívaným katalytickým reaktorem, ve kterém dochází k redukci oxidu dusičitého na dusnatý. Přístroj tedy může pracovat v koncentraci NO_x .

Na obr. 4 je naznačena část sestavy propojovacích armatur osazených škrtícími a regulačními ventily a přesně definovanými průřezy - kapilárami. Složitost pneumatického zapojení je výsledkem snahy o dosažení přesně definovaných stavových a hmotově bilančních (směšovacích) podmínek v reaktoru, které ovlivňují odezvu fotonásobiče.

Chemiluminiscenční analyzátor (CLA) je velmi citlivý a selektivní a možnosti změn měřicího rozsahu jsou značné, stejný přístroj lze tedy používat k měření emisních hodnot (maximálně rozsah 1%, ten se ovšem při experimentech na kotlích použije jenom v etapě zjišťování základních souvislostí v atypických režimech - kotel s takovou produkcí NO_x nemůže vyhovět ani nejmínějším požadavkům na ekologické vlastnosti) i k měření imisí (tedy koncentrace ovzduší - nejmenší rozsah 2 ppm). Při provozu analyzátoru musí být zajištěn trvalý přísun kyslíku (pro měření nižších koncentrací NO_x lze použít i syntetický nebo alespoň suchý vzduch) z tlakové láhve přes redukční ventil.

3.3 Měření založené na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene:

Po připojení elektrického potenciálu na vodíko-vzduchový plamen vzniká velmi malý (šumový) proud iontů. Přivedením organicky vázaného uhlíku do zóny hoření proud iontů narůstá úměrně průtočnému množství uhlovodíků ve vzorku spalín. Na tomto principu pracuje analyzátor, který se původně vyvinul jako detektor chromatografu a proto se nazývá plamenoionizační detektor (FID).



Obr. 5 Schéma přístroje pracující na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene

Provedení použitelné pro analýzu výfukových plynů je schematicky provedené na obr. 5. Difúzní vodíkový plamen se zapaluje při spuštění přístroje žhavicí svíčkou. Spalovací vzduch nasávaný z atmosféry se zbavuje případně přítomných organických sloučenin v katalytickém čističi. Část vzduchu (tzv. kompenzační) se mísí (společně se vzorkem) s vodíkem před vstupem do hořáku, aby se podle koncentrace kyslíku ve vzorku neměnil příliš tvar plamene. Tlak vodíku se reguluje v závislosti na tlaku spalovacího vzduchu, aby zajistil trvale přiměřovací poměr a současně se blokuje únik vodíku při vypnutí přístroje, nebo výpadku napájecího napětí. Na obr. 5 je v pneumatické části přístroje soustava regulátorů a kapilár pro nastavování tlakových a průtokových podmínek. Celé vedení vzorku (včetně filtru, pumpy, hořáku) je umístěno v termostatu a může být temperováno až do 200°C. Jinou možností je podtlakové uspořádání s umístěním (nevyhřívané) pumpy na výstupu spalín ze spalovací komory přístroje.

Po zesílení se hodnota proudu (procházejícího plamenem) zviditelní na ukazovacím přístroji jako údaj koncentrace (údaj analogového ukazovacího přístroje, nebo hodnota, která se odečítá z číslcového displeje analyzátoru, nebo hodnota, kterou analyzátor přes rozhraní odesílá do zařízení pro sběr dat). Přitom platí:

$$C_{HCFID} = \sum K_i C_{xiHyi} \quad K_i = K_{1,iX} \quad K_{1,i} \sim 1 \quad i = 1 \quad (6)$$

Údaj přístroje je tedy úměrný počtu uhlíkových atomů v organických sloučeninách obsažených v analyzovaném vzorku. Tuto jednoznačnost naměřené koncentrace plně oceníme při výpočtech vycházejících z výsledku analýzy spalín. Nicméně nutno konstatovat, že výchylka ukazovacího přístroje má jenom velmi vzdálenou souvislost se skutečnou škodlivostí uhlovodíků, která se pohybuje v rozmezí od nepříjemného, ale vcelku jinak neškodného zápachu paliva až po rakovinotvorné účinky polycyklických aromatů.

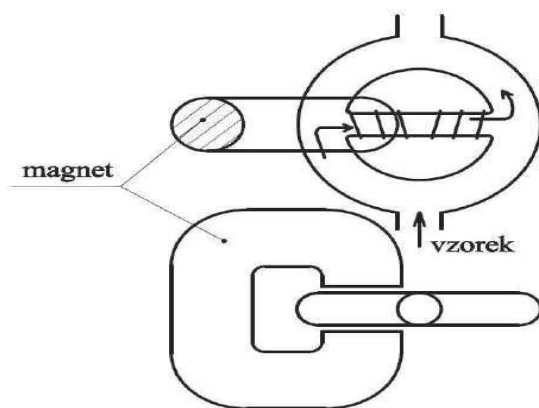
Změnou zesílení v elektronické části přístroje lze měnit měřící rozsahy v poměru 1:100. Fakticky je citlivost přístroje definovaná poměrem dodávky vodíku a vzorku do

plamene, což dále rozšiřuje možnosti. Při provozu se musí trvale dodávat vodík (z tlakové láhve regulátorem, nebo z vyvíječe vodíku), případně směsi H_2He nebo H_2N_2 . Některé přístroje (zejména pro měření imisí) vyžadují rovněž zásobování plamene syntetickým vzduchem z tlakové láhve.

Údaj FID se podstatně liší od výsledku analýzy stejného vzorku přístrojem NDIRA s komparátorem naplněným některým čistým uhlovodíkem anebo jakoukoli směsí (poměr je samozřejmě závislý na skutečném složení uhlovodíků obsažených ve vzorku). Proto je vhodné ve výsledcích měření i použítou metodu (např. HCFID)

3.4 Měření paramagnetických vlastností:

Paramagnetické látky mají vysokou permeabilitu a jsou tedy vtahovány do magnetického pole. Z plynů nejvyšší permeabilitu vykazuje kyslík, proto se princip měření magnetických vlastností plynu používá v přístrojích pro stanovení koncentrace kyslíku v analyzované směsi. Klíčovou součástí všech přístrojů na tomto principu je permanentní magnet nebo elektromagnet, jehož pole přitahuje molekuly kyslíku. Podle způsobu organizace průtoku vzorku v blízkosti pólových nástavců magnetu a zejména podle způsobu měření intenzity působení magnetického pole na vzorek se rozlišují přístroje magnetomechanické, magnetopneumatické a termomagnetické (obr. 7).



Obr. 6 Schéma přístroje pracujícího na principu magnetických vlastností.

Vodorovný příčný kanál prstencové komory nese dvě vyhřívací vinutí z odporového materiálu s vysokým teplotním koeficientem. Kyslík vtažený do magnetického pole z levé větve prstence ztrácí při zvýšení teploty (podle CURIEHO zákona) magnetismus a je vytlačován přísunem studeného kyslíku. Strháváním okolních nemagnetických molekul vzniká stabilní průtok příčným kanálem (tzv. magnetický vítr). Levé odporové vinutí se chladí stálým ofukováním studeným proudem vzorku. Ochlazování pravého vinutí je méně intenzivní, protože magnetický vítr je už zahřátý. Rozdíl teplot (a odporů) vinutí je úměrný koncentraci kyslíku ve vzorku.

Maximální poměr přepínatelných měřících rozsahů bývá u termomagnetického analyzátoru 1:20, magnetopneumatických a magnetomechanických 1:100. Selektivitu lze posoudit podle tab. 1, jejíž druhý řádek udává výchylku přístroje (zdánlivou koncentraci O_2 v procentech), která by nastala, kdyby vzorek byl tvořen čistou složkou uvedenou v prvním řádku.

TABULKA 1. Relativní magnetická susceptibilita ($O_2=100, N_2=0$)

O_2	NO	NO_2	H_2	CH_4	CO	CO_2	C_2H_6	C_3H_8	N_2
100	43	28	0,24	-0,2	0,01	-0,27	-0,46	-0,84	0

Při měření (nízkých) koncentrací kyslíku v produktech chemických procesů se musí přijímat zvláštní opatření pro omezení vlivu příčné citlivosti na výsledek analýzy. Při měření složení spalin je zkreslení koncentrace O_2 prakticky zanedbatelné v provozu analyzátoru pracujícího na principu měření paramagnetických vlastností a nevyžaduje dodávku žádného provozního média.

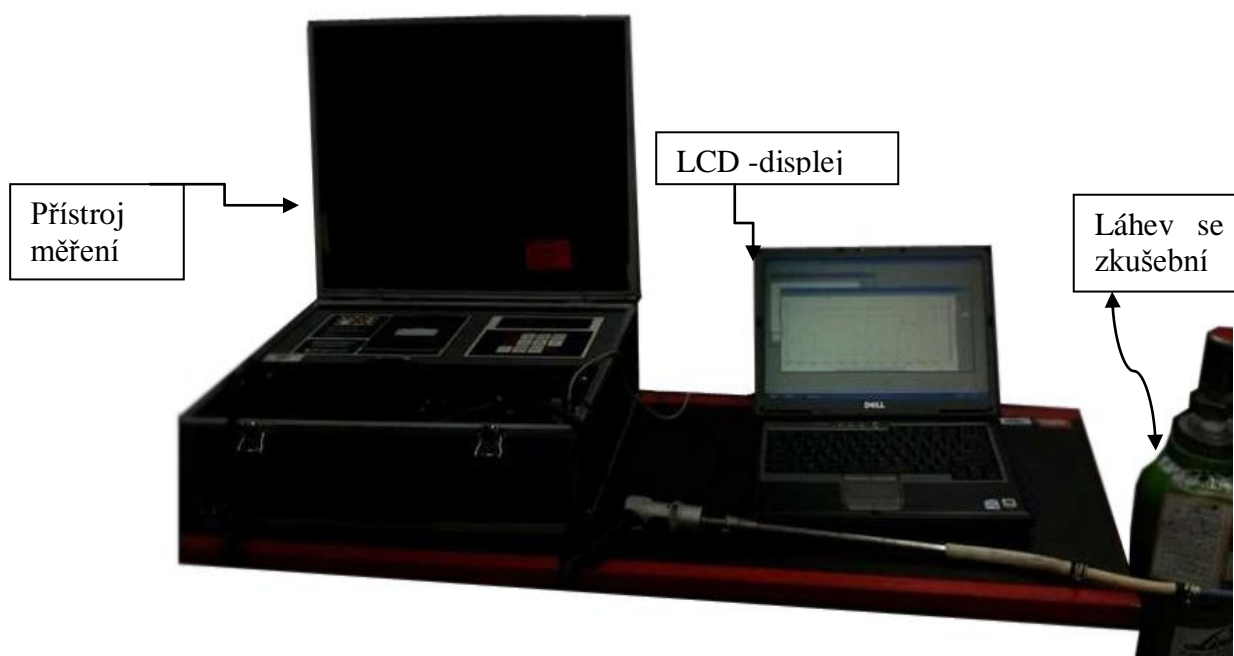
3.5 Měření s elektrochemickým analyzátozem typ MRU 95/3 CD

Analýzátor spalin MRU 95/3 CD je analyzátor s elektrochemickými články. Potřebné části měřicího přístroje, jsou: sonda, nádržka kondenzátu, jemný filtr, tiskárenský papír, teplotní čidlo.

Analýzátor spalin MRU 95/3 CD je měřicí přístroj, který je možné používat při autorizovaných měřeních emisí. Hodnoty emisí v práci byly získány tímto analyzátozem.

Přístroj provádí kontinuální měření: O_2 -CO-CO₂-SO₂-NO-NO₂-NO_x - teplota spalin - teplota okolí - tlak - hustota kouře černé - účinnost spalování - přebytek koeficient ztráty tepla výfukových zplodin – vzduch. V údajích ppm nebo mg / m³. Analyzátor provádí dále přepočet údajů na zvolený obsah kyslíku ve spalinách a to na: 3% / 8% / 13% . Měření lze provádět pro různé druhy paliva např: zemní plyn, zkapalněný plyn, svítiplyn, lehký olej, těžký topný olej, dřevo a uhlí.

3.5.1 FUNKČNÍ PRINCIP:



Obr .7 použitá měřicí sestava.

Po zapojení běží asi 2-3 sec. automatický zkušební program, tj. mikroprocesor v analyzátoru kontroluje všechny interní funkce. Poté se objeví hlášení "Gerat o.k." přístroj v pořádku a začíná běžet asi po 3 minut. Proplachuje senzory okolním, příp. čistým vzduchem. Asi po 3 minut . nastaví mikroprocesor v analyzátoru "Nullpunkt" nulový bod

a měřicí přístroj je schopen měření. Nenajde-li mikroprocesor "Nullpunkt" nulový bod, ukáže displej "sensoren nicht bereit" senzory nejsou připraveny.

Po úspěšné kalibraci se zavede odběrová sonda plynu do kouřovodu a vestavěným čerpadlem plynu membránové čerpadlo z kouřovodu nasává kouřový plyn. Na hrotu sondy je NiCr-Ni- plášťový termočlánek, jímž se zjišťuje teplota toku spalín - maximální teplota v kouřovém plynu.

Průhledná odběrová hadice plynu vede kouřové plyn přes hrnec kondenzátoru a jemný filtr k senzorům v MRU 95/3.

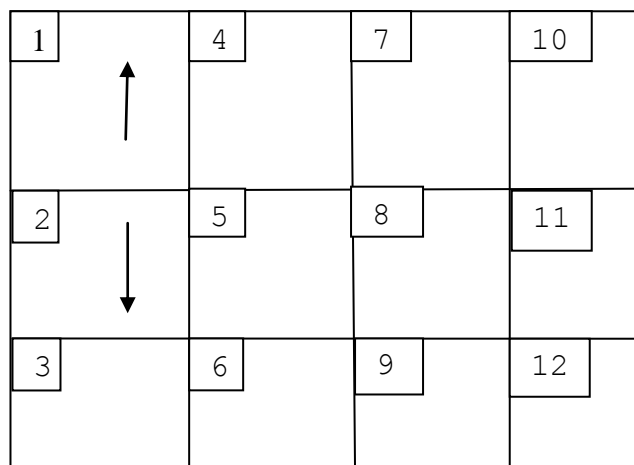
Dopravní čerpadlo plynu získává za minut asi 1litr kouřového plynu. Senzory potřebují k reakci jen asi 200 ml. Zbytek se volně vyfukuje. Čerpadlo musí dopravovat přesně regulovaný objem a proud plynu musí vykazovat určitý tlak, aby molekuly plynu mohly přes difúzní mřížku pronikat do senzorů.

Analogové hodnoty senzorů jsou mikroprocesorem vyhodnocovány a indikovány na displeji, event, vytištěny, příp. Znázorněny na počítači.

Černá hadice plynu slouží jen k měření jemného tahu. Neměla by se používat k měření plynu, tím zůstává prosta kondenzátu. Volný průchod z hrotu sondy až k senzoru tenzometrického můstku DMS tak zůstává v MRU 95/3 CD.

Ovládací panel volicí klávesnice:

1. Krokovací tlačítko ↑
2. Krokovací tlačítko ↓
3. Tlačítko provoz
4. Tlačítko tisk
5. Tlačítko hodiny
6. Tlačítko velké, malé písmo.
7. Tlačítko posuv papíru.
8. Tlačítko měření tahu.
9. Tlačítko rozšíření.
10. Tlačítko osvětlení.
11. Tlačítko měření sazí.
12. Tlačítko quitt, start, potvrzení, start.



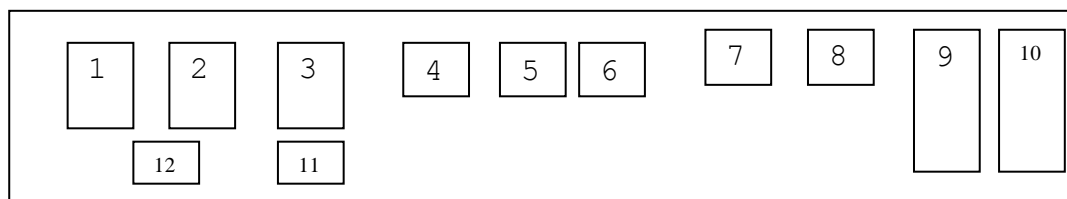
Ovládací panel- volicí klávesnice

Tlačítko "quitt, start" potvrzuje zvolené funkce.

Oběma krokovacími tlačítky ↓↑ může být celý software "prokrokován". Krátké stisknutí tlačítek se šipkou vás přivede krok za krokem na požadovanou polohu.

Stálý kontakt s krokovacími tlačítky přivede kurzor do klidu.

Čelní deska:



1. připoj síťový kabel /220/50Hz, příp. 110V/60Hz, síťová pojistka 0,63 A.
2. Vypínač/ zapnut/vypnut.
3. Otápění plyn.
4. Hrdlo plyn.
5. Hrdlo saze.
6. Hrdlo tah.
7. Připoj teplota plyn.
8. Připoj teplota místnosti.
9. Analogový výstup/ možný jen v CD.
10. Rs 232- propojení / integrováno jen v CD.
11. Pojistka 4 AT / Otápění sond.
12. Pojistka 4AT / CELKOVĚ.

3.5.2 Uvedení přístroje do chodu:

Je-li měřicí přístroj podchlazen, např. doprava v zavazadlovém prostoru během zimy, měl by být před začátkem měření postaven v teplé místnosti.

Přístroj se dodává ve stavu schopném použití .potřebné přístroj na sondě plynu, přístroji, nádržce kondenzátu, jemném filtru jsou provedeny v závodě.

Při síťovém provozu se síťový kabel připojuje na označeném místě čelní desky. Pozor na správné napětí. Musí činit 220V/50Hz. Jiná napětí přístroj poškozuji.

Před zapojením přístroje zavěste nádržku kondenzátu s filtrační jednotkou po straně na kufru. Zkontrolujte, zda nádržka kondenzátu je prázdná. Stejně tak zkontrolujte jemný filtr : Bílý filtr = ok

Tmavý filtr = vyměnit

Jestliže jste uvolnili připoje na čelní desce přístroje, příp. Na sondě, musíte znovu nutné připoje zřídít.

Přesnost měření:

teplota	0-100°C±2°C
	100-850 °C±2% indikované hodnoty
tah	≤±3% indikované hodnoty
O ₂	≤2 % Absolutně
CO,SO ₂ ,NO _x ,NO,NO ₂ ,H ₂ S	≤±5% indikované hodnoty

Rozlišení:

O ₂	0,1%
CO,SO ₂ ,NO _x ,NO,NO ₂ ,H ₂ S	1 ppm
teplota	1°C
Jemný tah	0,01 hPa

Napájení proudem:

kombinovaný síťový nabíjecí přístroj, 220V, 50 HZ. Jiná napětí na požádání. Vestavěné , nabíjitelné akumulátory, nevyžadující údržby, 12 V- 3,2 Ah s automatickou kontrolou stavu nabíjení, kapacita asi 8 hodin při plném nabití. Nabíjecí doba asi 14 hodin.

Analýzátor s elektrochemickými typ MRU 95/3 CD byl používán pro měření souboru kotlů, které jsou v práci analyzovány.

4 Přehled veličin ovlivňujících emise :

Emise plynového kotle bezprostředně souvisí s provozními podmínkami, konstrukčním provedením kotle, charakterem šíření plamene v kotli a prouděním spalin, způsobem regulace a řízení provozu kotle a zejména s výkonovými parametry kotle. Výkonové parametry kotle souvisí jednak s množstvím přivedeného paliva (zemního plynu) hořákem kotle a dále s vlastnostmi použitého plynu. Mezi ovlivňující faktory tedy patří:

- Složení plynu (Hú – výhřevnost)
- Teplota plynu
- Tlak plynu .

V následující tabulce je uvedeny změny chemicko fyzikálních vlastností plynu v centrální síti ČR- Předávací stanice Bylany v průběhu rok 2011.

4.1 Tab – časový průběh složení plyn

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	střední hodnota	σ
metan (%mol)	97.440	96.071	97.198	98.503	98.140	98.303	97.440	96.071	96.873	97.833	97.078	97.198	97.359	0.703
Etan (%mol)	1.239	1.894	1.288	0.619	0.879	0.749	1.239	1.894	1.44	0.863	1.352	1.288	1.223	0.362
Propan (%mol)	0.312	0.577	0.407	0.13	0.184	0.159	0.312	0.577	0.449	0.234	0.425	0.407	0.342	0.137
Iso-butan (%mol)	0.067	0.081	0.06	0.037	0.051	0.046	0.067	0.081	0.067	0.04	0.064	0.06	0.060	0.013
n-butan (%mol)	0.076	0.091	0.061	0.039	0.055	0.05	0.076	0.091	0.072	0.037	0.066	0.061	0.065	0.016
Iso-pentan (%mol)	0.016	0.021	0.013	0.007	0.011	0.01	0.016	0.021	0.017	0.007	0.014	0.013	0.014	0.004
n-pentan (%mol)	0.009	0.014	0.008	0.003	0.006	0.005	0.009	0.014	0.011	0.005	0.009	0.008	0.009	0.003
C ₆ ⁺ (%mol)	0.005	0.014	0.007	0.001	0.002	0.001	0.005	0.014	0.01	0.004	0.008	0.007	0.006	0.004
Co ₂ (%mol)	0.129	0.376	0.144	0.014	0.043	0.031	0.129	0.376	0.22	0.084	0.185	0.144	0.157	0.112
N ₂ (%mol)	0.708	0.861	0.794	0.647	0.632	0.647	0.708	0.861	0.842	0.778	0.799	0.794	0.752	0.077
Hutnota (-)	0.564	0.564	0.563	0.563	0.564	0.564	0.569	0.597	0.573	0.567	0.571	0.571	0.567	0.005
Wobbeho index (kwh/m ³)	13.98	13.99	14.1	14.1	14.3	14.02	14.03	14	14	13.99	14.01	14.01	14.006	0.016
Hu (kwh/m ³)	10.5	10.5	10.51	10.51	10.54	10.53	10.58	10.65	10.6	10.53	10.6	10.59	10.55	0.044
Hustota (kg/m ³)	0.691	0.692	0.689	0.69	0.692	0.691	0.697	0.709	0.702	0.694	0.7	0.7	0.695	0.006
Rosny bod(°C)	-14	-14	-16	-19	-20	-20	-11	-12	-12	-7			-14.6	7.712
Rosný bod při 3,92MPa(°C)	-15	-16	-19	-22	-23	-23	-14	-15	-15	-9			-17.02	8.488
Celk.síra (mg/m ³)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	

4.2 Výpočet výhřevnost Hu(kwh/m³)

Za vzájemně záměnné lze pokládat plyny, u nichž v daném hořáku probíhá spalovací pochod v požadovaných mezích, zvláště pokud jde o stabilitu plamane, dokonalost spalování a stálost tepelného výkonu. Jeden z ukazatelů záměnnosti plynů je **Wobbeho číslo**, které charakterizuje tepelný příkon hořáku:

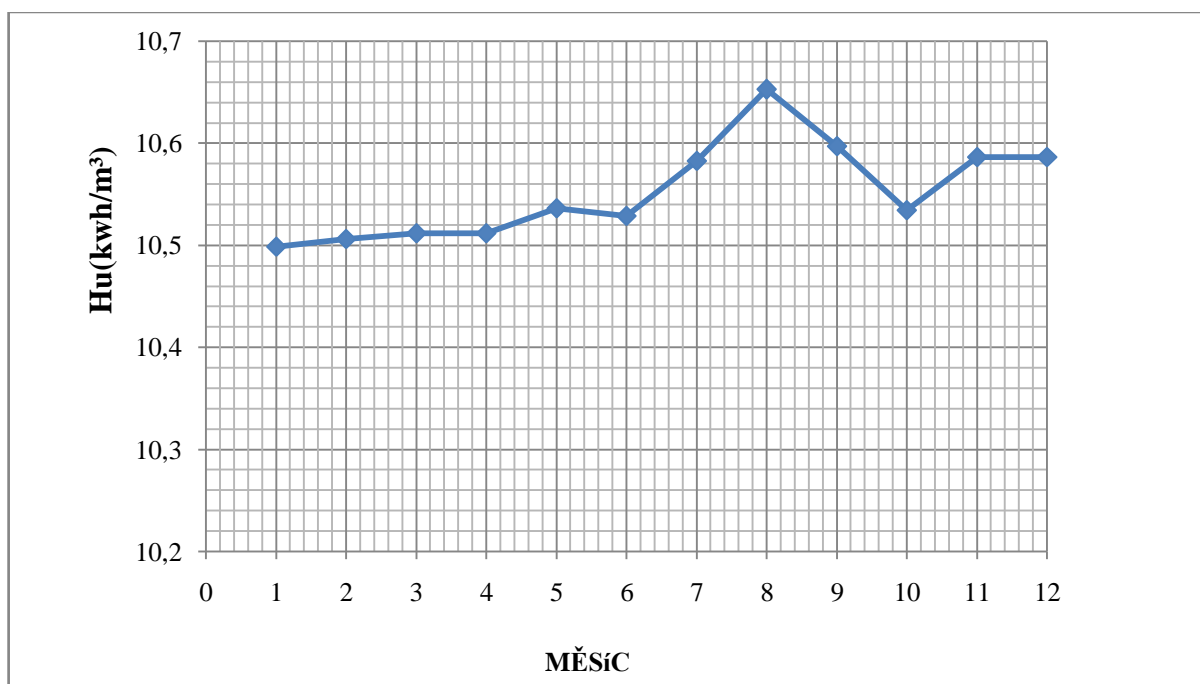
$$w = \frac{Q}{\sqrt{h}}$$

kde:

Q - spalné teplo plynu [MJ/m³]

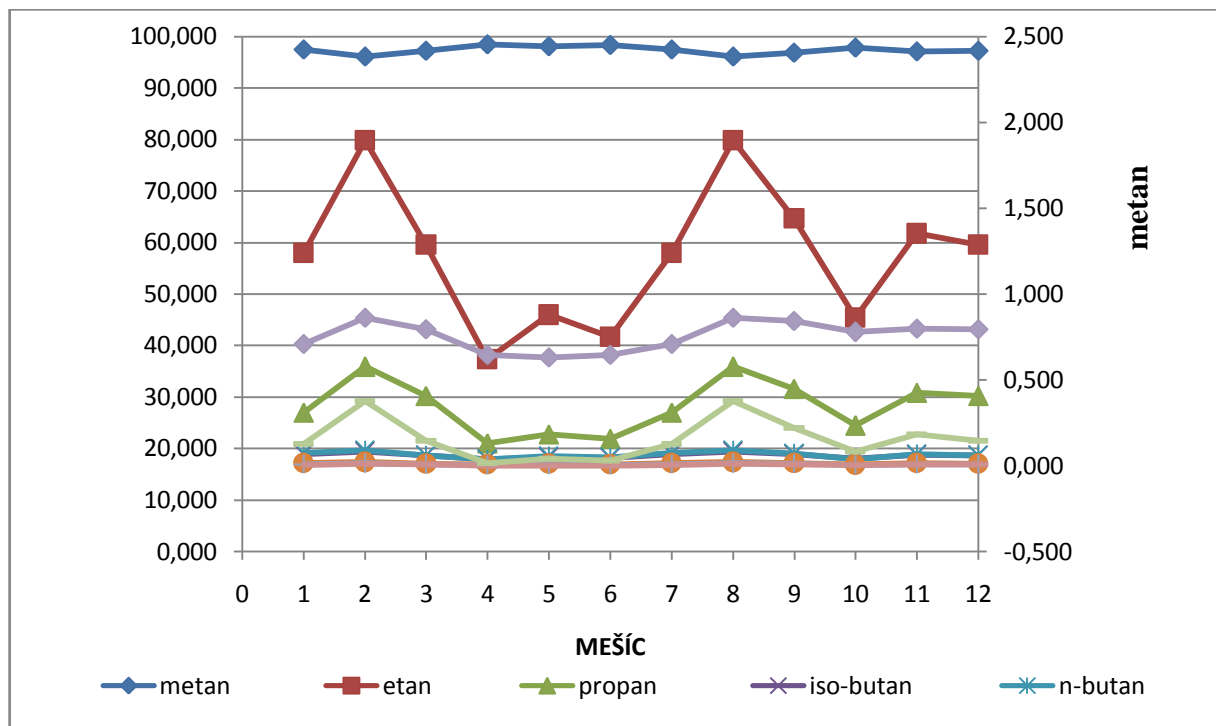
h - hutnosť plynu (poměr jeho hustoty k hustotě vzduchu při stejném tlaku a teplotě) [-].

Výpočet výhřevnosti H_u (kWh/m³) : $H_u = W \cdot \sqrt{h} = Q$



G.1 . Graf výhřevnosti za měsíc

V grafu uvést střední hodnotu a pásma $\pm\sigma$, které popisuje míru proměnlivosti výhřevnosti.



G2.Graf o složení zemního plynu

4.3 Úvaha o kolísání teplot plynu a tlaku plynu:

Pro plynná paliva se současně provádí i přepočítání na normální podmínky :

tlak $p = 101,325 \text{ kPa}$ a teplotu $t = 0^\circ\text{C}$. (v tabulce jsou uvedeny hodnoty pro teplotu plynu 15°C).

Pro plynná paliva, vzhledem k proměnlivým provozním podmínkám plynového kotle, je nutné provádět přepočítání na normální podmínky. Přepočítávací koeficient je:

$$k_x = \frac{T_N}{T_M} \cdot \frac{P_M}{P_N}$$

Provede-li se měření objemové, je třeba naměřený objem přepočítat na normální podmínky, při kterých je stanovena měřená hustota. Přepočítání se provede podle vzorce:

$$V_N = \frac{T_N \cdot P_M}{P_N \cdot T_M} \cdot V_M$$

Kde : V – objem

P – absolutní tlak

T – absolutní teplota

N – index značící normální podmínky.

m – index značící podmínky při měření

odkazy:

$$T_N = 273,15 \text{ K},$$

$$T_M = (273,15 + t_{pl}) \text{ K}$$

$$P_N = 101,325 \text{ kPa}$$

$$P_M = (\Delta P_{\text{plyn}} + P_{\text{atm}}) \text{ kPa}$$

Po dosazení dostaneme

$$V_N = \frac{273,15 \cdot [\Delta P_{\text{plyn}} + P_{\text{atm}}]}{101,325 \cdot (273,15 + t_{pl})} \cdot V_M$$

Příkonu kotle podle vzorce:

$$P_{př} = V_N \cdot H_U \quad (\text{kW})$$

Kde:

H_u výhřevnost plynu.(kWh/m³)

V_NSpotřeba objemové plynu.....(m³_N/h)

Efektivní výkon kotle podle vzorce:

$$P_{ef} = \eta \cdot P_{př} \quad (\text{kW})$$

ηcelková účinnost kotle (-)

Použitím výše uvedeného přepočítávacího vzorce, zjistíme závislost výkonu kotle na teplotě a tlaku plynu a na atmosférickém tlaku.

5 Všeobecná ustanovení pro provoz stacionárních zdrojů znečišťování:

5.1 Vyhláška Ministerstva životního prostředí

Základním dokumentem pro provozování stacionárních zdrojů znečišťování je vyhláška ministerstva životního prostředí, která stanovuje emisní limity a další podmínky provozování stacionárních zdrojů znečišťování a ochrany ovzduší dle zákona č.86 roku 2002 Sb., předepisuje podmínky měření emisí následujícím způsobem :

(1) Zdroje znečišťování ovzduší se dělí na:

- a) mobilní,
- b) stacionární.

(2) Mobilními zdroji znečišťování ovzduší (dále jen "mobilní zdroj znečišťování") jsou samohybná a další pohyblivá, případně přenosná zařízení vybavená spalovacími motory znečišťujícími ovzduší, pokud tyto motory slouží k vlastnímu pohonu nebo jsou zabudovány jako nedílná součást technologického vybavení. Jde zejména o

- a) dopravní prostředky, kterými jsou silniční vozidla, drážní vozidla a stroje, letadla a plavidla,
- b) nesilniční mobilní stroje, kterými jsou kompresory, přemístitelné stavební stroje a zařízení, buldozery, vysokozdvizné vozíky, pojízdné zdvihací plošiny, zemědělské a lesnické stroje, zařízení na údržbu silnic, sněžné pluhy, sněžné skútry a jiná obdobná zařízení,
- c) přenosná nářadí vybavená spalovacím motorem, například motorové sekačky a pily, sbíječky a jiné obdobné výrobky.

Podmínky ochrany ovzduší před znečišťováním způsobeným mobilními zdroji znečišťování upravují zvláštní právní předpisy⁴⁾,⁵⁾,⁸⁾

(3) Stacionární zdroj znečišťování ovzduší (dále jen "stacionární zdroj") je zařízení spalovacího nebo jiného technologického procesu, které znečišťuje nebo může znečišťovat ovzduší.zařízení a není přemísťováno, do této skupiny patří kotle na plynná paliva.

(4) Stacionární zdroje se dělí podle tepelného příkonu:

- a) podle míry svého vlivu na kvalitu ovzduší na kategorie:
 1. zvláště velké, ≥ 50 MW
 2. Velké, $5 - 50$ MW
 3. střední $0,2 - 5$ MW

4. malé, pod 0,2 MW
- b) podle technického a technologického uspořádání na:
 1. zařízení spalovacích technologických procesů, ve kterých se oxidují paliva za účelem využití uvolněného tepla, (dále jen "spalovací zdroje"),
 2. spalovny odpadů⁷) a zařízení schválená podle § 17 odst. 2 písm. c) pro společné spalování odpadu a
 3. ostatní stacionární zdroje (dále jen "ostatní zdroje")

(5) Spalovací zdroje se zařazují podle tepelného příkonu nebo výkonu do těchto kategorií:

- a) zvláště velké spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném příkonu 50 MW a vyšším bez přihlédnutí ke jmenovitému tepelnému výkonu,
- b) velké spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu vyšším než 5 MW do 50 MW nespádající pod písmeno a),
- c) střední spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu od 0,2 MW do 5 MW včetně,
- d) malé spalovací zdroje, kterými jsou zdroje znečišťování o jmenovitém tepelném výkonu nižším než 0,2 MW.

(6) Jmenovité tepelné příkony nebo výkony zvláště velkých, velkých a středních spalovacích zdrojů téhož provozovatele se pro účely stanovení kategorie zdroje nebo emisních limitů sčítají, jestliže:

- a) jsou umístěny ve stejné místnosti, stavbě nebo v provozním celku,
- b) spaliny jsou vypouštěny společným komínem bez ohledu na počet komínových průduchů nebo by s ohledem na uspořádání a druh používaného paliva mohly být vypouštěny společným komínem.

(7) Jmenovité tepelné výkony malých spalovacích zdrojů téhož provozovatele se pro účely stanovení kategorie zdroje sčítají za předpokladu, že spaliny jsou nebo by mohly být vypouštěny společným komínem.

(8) Spalovny odpadů⁷) patří do kategorie zvláště velkých nebo velkých stacionárních zdrojů a podle druhu spalovaného odpadu se rozlišují na:

- a) spalovny nebezpečného odpadu,
- b) spalovny komunálního odpadu a
- c) spalovny jiného než nebezpečného a komunálního odpadu.

Do kategorie zvláště velkých stacionárních zdrojů se zařazují spalovny:

1. podle písmena a), pokud jejich jmenovitá provozní kapacita množství odstraňovaného odpadu je větší než 10 tun za den,
2. podle písmena b), pokud jejich jmenovitá provozní kapacita množství odstraňovaného odpadu je větší než 3 tuny za hodinu, nebo

3. podle písmena c), pokud jejich jmenovitá provozní kapacita množství odstraňovaného odpadu je větší než 50 tun za den.

(9) K ostatním zdrojům náleží také spalovací zařízení procesních ohřevů, u kterých jsou znečišťující látky vzniklé spalováním paliv odváděny společně se znečišťujícími látkami emitovanými technologickým procesem.

(10) Provozovatel je povinen zařadit stacionární zdroj do příslušné kategorie v souladu s tímto zákonem a předpisy vydanými k jeho provedení. V pochybnostech, zda jde o stacionární zdroj a o jeho zařazení do příslušné kategorie stacionárních zdrojů, rozhoduje Česká inspekce životního prostředí (dále jen "inspekce"), a to na návrh provozovatele nebo z vlastního podnětu.

(11) U technologií a jejich zařízení, které dosud nebyly použity v provozu (nově zaváděné technologie), rozhodne o kategorii stacionárního zdroje a emisních limitech Ministerstvo životního prostředí (dále jen "ministerstvo").

(12) Prováděcí právní předpis stanoví způsob zařazování stacionárních zdrojů do jednotlivých kategorií.

5.2 Měření stacionárních zdrojů:

5.2.1 Zjišťování znečišťujících látek:

Vyhláška Ministerstva životního prostředí, která stanovuje emisní limity a další podmínky provozování stacionárních zdrojů znečišťování a ochrany ovzduší č.86 zákon z roku 2002 Sb. se k prováděnému měření v § 9 vyjadřuje takto:

(1) Emise znečišťujících látek ze zvláště velkých, velkých nebo středních stacionárních zdrojů zjišťují provozovatelé především měřeními a v případech stanovených v prováděcím právním předpisu výpočtem. V pochybnostech rozhodne na návrh provozovatele orgán kraje.

(2) Měření emisí se provádí v místě, za kterým již nedochází ke změnám složení vypouštěných odpadních plynů do vnějšího ovzduší. Má-li stacionární zdroj několik výdechů, komínů nebo výpustí, měří se emise na každém z nich. Měření a vyhodnocení naměřených hodnot se provádí jednorázově v termínech stanovených v prováděcím právním předpisu nebo nepřetržitě v průběhu roku (kontinuálním měřením).

(3) Kontinuálním měřením emisí se průběžně měří hmotnostní koncentrace emisí znečišťujících látek vypouštěných ze stacionárního zdroje v průběhu kalendářního roku. Výsledky kontinuálního měření emisí musí být v rozsahu a způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem průběžně zaznamenávány, vyhodnocovány a uchovávány.

(4) Pokud pro danou znečišťující látku nebo skupinu látek není stanovenu u stacionárního zdroje specificky emisní limit, je provozovatele povinen plnit obecný emisní limit. (Orgán kraje na žádost provozovatele, z vlastního podnětu nebo na návrh inspekce vymezí rozhodnutím znečišťující látku nebo jejich stanovené skupiny k plnění obecných emisních limitů).

(5) Účinnost spalování a množství vypouštěných látek u malých spalovacích zdrojů uvedených v § 12 odst. 1 písm. f) zjišťuje autorizovaná osoba (§ 15) měřením podle postupu stanoveného prováděcím právním předpisem.

(6) Úroveň znečištění ovzduší a dodržování imisních limitů zjišťují orgány ochrany ovzduší měření nebo kombinací měření a modelového výpočtu nebo modelovým výpočtem nebo jinou metodou odborného odhadu.

(7) Měření, jehož účelem je prokázat dodržování emisních limitů nebo ověření správnosti měření znečišťujících látek prováděných provozovatelem u zvláště velkých a středních stacionárních zdrojů, a měření imisí provádí osoba, které je držitelem platné autorizace podle § 15 odst. 1 písm. a).

(8) V případech stanovených prováděcím právním předpisem provádí měření znečišťujících látek u stacionárního zdroje provozovatel, a to způsobem stanoveným prováděcím právním předpisem.

(9) Provozovatel je povinen na základě výsledků měření prokázat jím vykazované emise znečišťujících látek a dodržování stanovených emisních limitů a emisních stropů u stacionárního zdroje.

(10) Prováděcí právní předpis stanoví rozsah a způsob měření znečišťujících látek u stacionárních zdrojů včetně jejich vzhodnocení, provádění kontinuálního měření emisí včetně zaznamenávání, vyhodnocování a uchovávání jeho výsledků, dále stanoví skupiny stacionárních zdrojů, kde se znečišťující látky výpočtem, a postup výpočtu včetně emisních faktorů, měření účinnosti spalování u malých spalovacích zdrojů včetně množství a rozsahu vypouštěných látek, podrobné postup zjišťování úrovně znečištění ovzduší včetně metod a dalších požadavků, jakož i podmínky provozování systému měřicích stanic.

5.2.2 Provedení jednorázového měření:

Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví znečišťující látka, č. 356 z roku 2002 Sb. se k prováděnému měření v § 9 vyjadřuje takto:

(1) Při jednorázovém měření manuálními metodami se provádí:

- a) nejméně 3 jednotlivá měření u zdrojů s neměnnými provozními podmínkami,
 - b) nejméně 6 jednotlivých měření u zdrojů s proměnlivými provozními podmínkami,
- nebo

c) více jednotlivých měření u zdrojů s periodickým, přerušovaným, šaržovým způsobem výroby, tak, aby měření postihlo celý časový interval cyklu nebo šarže.

Doba odběru dílčích, na sebe navazujících vzorků se přizpůsobí očekávaným koncentracím v souladu s technickými postupy pro měření emisí a požadavky této vyhlášky, technickými normami pro měření emisí uvedenými v příloze č. 5 k této vyhlášce a podmínkami stanovenými v rozhodnutích orgánů ochrany ovzduší.

Při jednorázovém měření za použití přístrojů pro kontinuální měření se měření provádí po celou dobu podle odstavců 2 a 3.

(2) Minimální doba jednorázového měření podle § 8 odst. 1

- a) je 6 hodin u zvláště velkých, velkých a středních zdrojů při maximálním projektovaném výkonu zdroje, nebo
- b) je u zdrojů s periodickým, přerušovaným nebo šaržovitým způsobem výroby stanovena tak, že se měření provádí po celou dobu trvání cyklu při maximálním

projektovaném výkonu zdroje. Trvá-li cyklus nejdéle 4 hodiny, musí jednorázové měření zahrnovat nejméně 3 šarže, pokud je možno je provést během jednoho dne. Trvá-li jeden cyklus déle než 4 hodiny, měří se emise průběžně po celou dobu trvání jednoho výrobního cyklu při jmenovitém výkonu zdroje.

Pokud nelze u zdroje dosáhnout z technických důvodů maximálního projektovaného výkonu, provede se měření při maximálním dosažitelném výkonu zdroje. Zvýšení výkonu zdroje po datu měření se hodnotí jako významný a trvalý zásah do konstrukce zdroje.

(3) Minimální doba jednorázového měření podle § 8 odst. 2

a) je 6 hodin u středních zdrojů při obvyklém provozním výkonu zdroje, kterým se rozumí výkon za nepřetržitého využití zařízení zdroje s dosažením produkce, která je z hlediska

ekonomických a obchodních podmínek provozovatele v období od posledního autorizovaného měření průměrná a obvyklá,

b) je 6 hodin u zvláště velkých a velkých zdrojů s neměnnými provozními při obvyklém provozním výkonu zdroje,

c) je 12 hodin u zvláště velkých a velkých zdrojů s proměnlivými provozními podmínkami při obvyklém provozním výkonu zdroje, nebo

d) je u zdrojů s periodickým, přerušovaným nebo šaržovitým způsobem výroby stanovena tak, že se měření provádí po celou dobu trvání cyklu při obvyklém provozním výkonu zdroje. Trvá-li cyklus nejdéle 4 hodiny, zahrnuje jednorázové měření nejméně 3 šarže, pokud je možno je provést během jednoho dne. Trvá-li jeden cyklus déle než 4 hodiny, měří se emise průběžně po celou dobu trvání jednoho výrobního cyklu při obvyklém provozním výkonu zdroje.

(4) U spalovacích zdrojů kotlů o jmenovitém tepelném výkonu každého z nich nižším než 5 MW spalujícími výhradně lehký topný olej, zemní plyn nebo paliva LPG lze hmotnostní koncentrace oxidu uhelnatého a oxidů dusíku zjišťovat také potenciometricky přímým měřením přístroji s elektrochemickými snímači.

(5) Při jednorázovém měření na zdrojích podle odstavce 4 se provádí na každém zařízení (kotli) zdroje nejméně:

a) 3 jednotlivá měření, každé v trvání minimálně 15 minut nepřetržitě s periodou ukládání měřené hodnoty rovnou nebo kratší než 30 sekund u zdroje s neměnnými provozními podmínkami,

b) 6 jednotlivých měření, každé v trvání minimálně 15 minut nepřetržitě s periodou ukládání měřené hodnoty rovnou nebo kratší než 30 sekund u zdroje s proměnnými provozními podmínkami

(6) Na zdrojích vybavených látkovým filtrem pro omezování znečišťování ovzduší s výstupní koncentrací tuhých znečišťujících látek nižší než 50 mg/m^3 za provozních stavových podmínek a s emisním limitem stanoveným výhradně pro tuhé znečišťující látky se provádí tři jednotlivá měření koncentrace tuhých znečišťujících látek. Doba odběru dílčích, na sebe navazujících vzorků se přizpůsobí očekávaným koncentracím, v souladu s požadavky této vyhlášky, technickými normami pro měření emisí podle příloh č. 5 a č. 6 k této vyhlášce a podmínkami stanovenými v rozhodnutích orgánů ochrany ovzduší, minimálně však v trvání nepřetržitě 30 minut pro každé jednotlivé dílčí měření.

5.2.3 Vyhodnocení jednorázového měření:

Vyhláška Ministerstva životního prostředí, kterou se stanoví znečišťující látka č.356 z roku 2002 Sb. se k prováděnému měření v § 10 vyjadřuje takto:

(1) Výsledky jednorázového měření se zpracují tak, aby je bylo možno porovnat s emisními limity. Schopnost zdroje dodržovat emisní limit je prokázána, pokud průměr jednotlivých měření koncentrace znečišťující látky za celé měření vypočítaný podle odstavců 3 až 5 je menší nebo roven hodnotě emisního limitu a současně každá hodnota koncentrace znečišťující látky zjištěná jednotlivým měřením je menší než 120 % emisního limitu, pokud zvláštní právní předpis¹⁾ nestanoví jinak. Obdobně se hodnotí dodržení emisního limitu, je-li vyjádřen jinou měřitelnou veličinou než koncentrací znečišťující látky.

(2) U jednorázového měření koncentrace znečišťujících látek prováděného přístroji pro kontinuální měření se emisní limit považuje za dodrženy, jeli aritmetický průměr třicetiminutových středních hodnot vypočtený podle odstavce 5 menší nebo roven hodnotě emisních limitu a současně každá třicetiminutová střední hodnota zjištěné koncentrace znečišťující látky je menší než 120% emisního limitu, pokud zvláštní právní předpis¹⁾ nestanoví jinak.

(3) Vyhodnocení jednorázového měření obsahuje údaj o hmotnostní koncentraci znečišťující látky, hmotnostním toku a měrné výrobní emisi a podmínky jejich platnosti pro jednotlivé měřené zařízení nebo technologický proces. Je-li hodnota měrné výrobní emise současně stanovena u zdroje jako emisní limit, je její případné překročení prokázané na základě výsledků jednorázového měření považováno za překročení emisního limitu.

(4) Jednorázové měření koncentrace znečišťujících látek manuálními metodami se vyhodnotí jako střední hodnoty za dobu odběru vzorku vyjádřené po přepočtu na stanovené podmínky a vážený průměr těchto hodnot za celé měření.

(5) Jednorázové měření koncentrace znečišťujících látek přístroji pro kontinuální měření se vyhodnotí jako střední hodnoty za každých 30 minut měření vyjádřené po přepočtu na stanovené podmínky a jako aritmetický průměr těchto hodnot za celé měření.

(6) Jednorázové měření koncentrace oxidu uhelnatého nebo oxidů dusíku provedené přístroji s elektrochemickými snímači na zdroji s kotli o jmenovitém výkonu každého z nich nižším než 5 MW spalujícími výhradně lehký topný olej, zemní plyn nebo paliva LPG se vyhodnotí jako střední hodnoty za každých 15 minut měření při provozu hořáku kotle vyjádřené po přepočtu na stanovené podmínky a jako aritmetický průměr těchto hodnot za celé měření.

(7) Na základě výsledků jednorázového měření se stanoví měrná výrobní emise znečišťující látky, nebo stanovené skupiny znečišťujících látek. Součinem měrné výrobní emise a počtu jednotek vztažné veličiny dosaženého v průběhu kalendářního roku se vypočte roční hmotnostní tok (roční emise) znečišťující látky.

5.3 Limity stanovení vyhláškou MŽP

Emisní limity pro kotle podle § 54 odst. 8 zákona, se v tabulce se vztahují na jednotlivé kotle podle jejich jmenovitého tepelného příkonu.

Pro plynná paliva a kapalná paliva jsou emisní limity vztaženy k referenčnímu obsahu kyslíku 3%.

5.3.1 Kotle spalující kapalná paliva:

příkon	Emise (mg/m ³ _N)					
	TC	SO ₂	NO ₂	CO	T.HC	O ₂ (%)
>0,2 MW	-	-	-	175	Nest.	3
>0,2 až 5 MW	-	1)	500	-	Nest.	3
>0,2 až 50 MW	100	-	-	-	Nest.	3
> 5 MW	-	-	450	-	Nest.	3
>0,2 až 300	-	1700	-	-	Nest.	3
> 50 MW	50	-	-	-	Nest.	3
>300 MW	-	500	-	-	Nest.	3

Odkazy

1)Obsah síry v palivu max.1% hm

5.3.2 Kotle spalující plynná paliva

Příkon	Emise (mg/m ³ _N)					
	TC	SO ₂	NO ₂	CO	T.HC	O ₂ (%)
>0,2 MW	50 ¹⁾	35 ²⁾	200	100	Nest.	3
>0,2 MW		900 ³⁾	300 ⁴⁾			

Odkazy:

- 1).Pro plynná paliva z neveřejných distribučních sítí (vyčištěný koksárenský nebo vysokopeční plyn, bioplyn, propan či butan nebo jejich směsi, plyn z rafinérii)
- 2).Pro plynná paliva veřejných distribučních sítí
- 3).Pro plynná paliva mimo paliv z veřejných distribučních sítí a koksárenského plynu
- 4).Při spalování propan či butane, nebo jejich směsí.

6 Výpočet měrných koncentrací c_{s3%} a emisních faktorů:

Limity hmotnostní koncentrace škodlivin jsou vyhláškou MŽP č. 146/2007Sb., stanoveny v suchých výfukových plynech pro CO a NO_x, pro sumu uhlovodíků ve vlhkých výfukových plynech. Proto je vzorek pro měření NO_x a CO veden přes chladič, ve kterém dojde k odlučování vlhkosti. Při měření koncentrace sumy u uhlovodíků HC je třeba použít k přívodu vzorku vyhřívané potrubí a měřit koncentraci ve vlhkých plynech.

6.1 Korelace, metody regresní analýzy:

V bakalářské práci jsou uvedeny hodnoty ze zkušebních protokolů. Základní principy postupu prováděné analýzy výsledků jsou popsány v následující části práce:
Korelace a korelační koeficient:

Při zkoumání závislostí mezi dvěma veličinami jsou možné dva druhy závislostí:

- funkcionální závislost, kdy ke každé hodnotě jedné náhodné veličiny je přiřazena určitá hodnota druhé náhodné veličiny,
- stochastická závislost, ke každé hodnotě jedné náhodné veličiny je přiřazena určitá průměrná hodnota druhé náhodné veličiny. Zvláštním případem stochastických závislostí jsou korelační závislosti.

Korelační koeficient se určuje dle vztahu:

$$\rho_{xy} = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$$

kde: σ_x ... střední směrodatná odchylka náhodné veličiny X

σ_y ... střední směrodatná odchylka náhodné veličiny Y

K_{xy} ...hodnoty kovariance.

Vlastnosti korelačního koeficientu:

- hodnota korelačního koeficientu je v mezích $-1 \leq \rho_{xy} \leq 1$,
- lineární transformací náhodných veličin se absolutní hodnota korelačního koeficientu nemění,
- jsou-li náhodné veličiny nezávislé je korelační koeficient $\rho_{xy} = 0$,
- pro hodnotu $\rho_{xy} > 0$ je korelace kladná (obě náhodné veličiny se mění ve stejném směru),
- pro hodnotu $\rho_{xy} < 0$ je korelace záporná (veličiny X,Y se mění v opačném směru).

Regresní analýza:

Je analytická statistická metoda která umožňuje:

- určení vhodného vztahu (regresní funkce) mezi dvěma či více závislými náhodnými veličinami,
- určení míry těsnosti vztahu (regresní funkce) s hodnotami výběrového souboru.

Výpočet regresního koeficientu

Regresní koeficient se zjišťuje výpočtem na základě vyhodnocení výběrového souboru.

Regresní koeficient má obdobné vlastnosti jako korelační koeficient. Velikost koeficientu je v rozmezí $-1 \leq r_{xy} \leq 1$.

Výpočet jednotlivých hodnot:

Odhad střední hodnoty podmíněných středních hodnot závislé náhodné veličiny:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

Rozptyl závislé náhodné veličiny:

$$\bar{\sigma}^2_y = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [y_i - \bar{y}]^2$$

Pro posouzení průběhu regresní funkce se použije rozptyl vzhledem k teoretickým hodnotám (hodnotám na regresní přímce):

$$\bar{\sigma}^2_{xy} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [y_i - \bar{y}]^2$$

Míra těsnosti regresní funkce je určena regresním koeficientem:

$$R_{xy} = r_{xy} = \sqrt{1 - \frac{\bar{\sigma}_{xy}^2}{\bar{\sigma}_y^2}}$$

6.2 Korekce na smluvní koncentraci kyslíku ve výfukových plynech :

Pro stanovení hmotnostních koncentrací škodlivin v exhalacích plynových kotlů v mg/m³ při smluvní koncentraci 3 %, použité vyhlášce MŽP Č. 146/2007 Sb., se musí měřit koncentrace kyslíku v exhalacích s následnou korekcí naměřených hodnot koncentrací škodlivin na smluvní hodnotu koncentrace kyslíku v exhalacích

Tato korekce se provádí z těchto důvodů :

- mezní přípustné hodnoty koncentrací nelze obejít ředěním spalín,
- takto korigované hodnoty koncentrací lze použít pro porovnání různých plynových kotlů pracujících s různými součiniteli přebytku vzduchu.

Korekce se provádí podle následujícího vztahu:

$$C_{V,3\%} = \frac{21 - O_V}{21 - O_M} \cdot C_{VM} =$$

$C_{V,3\%}$koncentrace korigovaná na smluvní koncentraci kyslíku $O_V=3\%$

C_{VM}koncentrace škodlivin změřená při koncentraci kyslíku O_M

O_Vsmluvní koncentrace kyslíku ve spalínách

O_Mnaměřená koncentrace kyslíku ve spalínách

6.3 Přepočet objemových koncentrací na hmotnostní :

Výpočet hmotnostních koncentrací C_i v mg/m³ a z korigovaných objemových koncentrací $C_{v,i}$ v ppm { 1ppm = 1cm³/m³ } se provádí podle vztahu:

$$C_i = C_{v,i} \cdot \rho_{n,i}$$

kde :

$\rho_{n,i}$... je hustota škodliviny i v kg/m³ za normálních podmínek (0°C, 101,3kPa).

Hustota škodlivin udává následující tabulka v kg/m³

Oxidy dusíku NO ₂ / udávané jako NO ₂	2,05
Oxid uhelnatý CO	1,25

6.4 Přepočet koncentrace v suchých plynech na koncentraci ve vlhkých plynech

Naměřená koncentrace v suchých výfukových plynech se přepočte na koncentraci ve vlhkých výfukových plynech podle vzorce:

$$C_{v,i}^v = \bar{C}_{s,i} \cdot \frac{G_{pal}}{G_{vzd}}$$

Kde:

C_{vi}^vkoncentrace i-té složky ve vlhkých plynech

$\bar{C}_{s,i}$koncentrace i-té složky ve suchých plynech

Ypočet atomů vodíku připadající na atom uhlík v uhlovodíkovém palivu

G_{pal}spotřeba paliva v kg/h

G_{vzd}spotřeba vzduchu v kg/h

Pro zemní plyn Y = 3,98.

- Pro jiná plynná paliva je třeba hodnoty spočítat z jejich složení:

$$Y = \frac{\frac{h}{H}}{\frac{c}{C}}$$

Kde:

h.....hmotnostní koncentrace vodíku v palivu v kg/kg paliva,
 c.....hmotnostní koncentrace uhlíku v palivu v kg/kg paliva,
 H.....atomová hmotnost vodíku,
 C.....atomová hmotnost uhlíku,

6.5 Vypočet hmotnostního toku emisí škodlivin

Podle vyhlášky MŽP č.146/2007 Sb., jsou některé škodliviny omezeny od určité velikosti hmotnostního toku. Pro určení hmotnostního toku je třeba měřit množství nasávaného vzduchu a množství spotřebovaného paliva. Hmotnostní tok emisí škodlivin E_i v kg/h lze obecně určit ze vztahu:

$$E_i = C_{v,i}^v \cdot \frac{10^{-6} \cdot \rho_i}{\rho_{sp}} \cdot G_{sp} \quad \dots \quad [Kg/h]$$

Kde :

$C_{v,i}^v$ koncentrace škodliviny i v ppm ve vlhkých plynech
 ρ_i hustota škodliviny i v kg/m³ při shodných podmínkách, při jakých je brána do výpočtu P_{sp}
 ρ_{sp} hustota exhalací v kg/m³
 G_{sp} hmotnostní tok vlhkých spalín v kg/h

Při měření sumy HC pomocí vyhřívaného přístroje FID s vyhřívaným přívodem se měří koncentrace ve vlhkých spalínách. Pro výpočet hmotnostního toku a tím pro posouzení, zda se na stacionární zdroj vztahuje limitní koncentrace stanovené vyhláškou MŽP č. 146/2007 Sb

6.6 Hmotnostní tok exhalací.

Při měření množství spotřebovaného vzduchu a spotřebovaného paliva motorem se vypočte hmotnostní tok exhalací G_{sp} pro vlhké spaliny v kg/h ze vztahu:

$$G_{sp} = G_{vzd} + G_{pal}$$

Kde:

G_{vzd} – hmotnostní tok vzduchu nasávaného motorem v kg/h.
 G_{pal} – spotřeba paliva v kg/h

Provede-li se měření objemové, je třeba naměřený objem přepočítat na normální podmínky, při kterých je stanovena měřená hmotnost. Přepočet se provede podle vzorce

$$V_N = \frac{T_N \cdot P_M}{P_N \cdot T_M} \cdot V_M$$

Kde :

V objem
P absolutní tlak
T absolutní teplota
N index značící normální podmínky.
M index značící podmínky při měření
 $T_N = 273^\circ\text{K}$, $P_N = 101,3 \text{ kPa}$

Měří-li se spotřeba paliva nebo spotřeba vzduchu, je možno naměřenou veličinu vypočítat pomocí součinitele přebytku λ určeného z naměřeného obsahu kyslíku ve spalínách.

Součinitel přebytku vzduchu se vypočte:

$$\lambda = \frac{21 - 0,1 \cdot C_{V,O_2}}{21 - C_{v,O_2}}$$

Při měření množství paliva :

$$G_{sp} = G_{pal} \cdot (1 + \lambda \cdot L_t)$$

L_t teoretické množství vzduchu na spálení 1 kg paliva při stechiometrické směsi při měření množství vzduchu je :

$$G_{sp} = G_{vzd} \cdot (1 + 1/\lambda L_t)$$

Není-li možno měřit množství spotřebovaného vzduchu ani množství paliva, je možno určit hmotnostní tok nemetanových uhlovodíků pro porovnání s limitním tokem 3kg/h z hodnot G_{sp} získaných při typových zkouškách nebo vycházet z teoretického výpočtu nasávaného množství vzduchu.

Vychází-li takto určený hmotnostní tok nemetanových uhlovodíků do rozsahu 3kg/h $\pm 20\%$ nelze tento způsob použít.

6.7 Výpočet emisního faktoru:

Pro plyné kotle je emisní faktor určen jako množství škodliviny v [kg] vznikající při spálení $10^6 \text{ m}^3 \text{N}$ plynu nebo 10^3 kg kapaného paliva a vypočte se podle vztahu.

Pro plyné palivo :

$$f_i = E_i \frac{10^6 \cdot \rho_{pal}}{G_{pal}}$$

Pro kapalně palivo :

$$f_i = E_i \frac{10^6}{G_{pal}}$$

Kde:

F_i emisní faktor pro i – tou složku
 E_ihmotnostní tok pro i – té složky
 G_{pal}množství spotřebovaného paliva
 ρ_{pal}hustota paliva

- Pro výpočet emisního faktoru z naměřené koncentrace složky platí vztahy:

$$f_i = c_{v,i} \cdot \left[1 - Y \cdot \frac{1}{\lambda \cdot L_t} \right] \cdot (1 + \lambda L_t) \cdot \frac{\rho_i}{\rho_{sp}} \cdot \rho_{pal}$$

$$f_i = C_{v,i}^v \cdot (1 + \lambda L_t) \cdot \frac{\rho_i}{\rho_{sp}} \cdot \rho_{pal}$$

Kde:

f_iemisní faktor pro i – tou složku
 $C_{v,i}$naměřená koncentrace v suchých výfukových
 $C_{v,i}^v$naměřená koncentrace v vlhkých výfukových plynech v ppm,
 Ypočet atomů vodíku připadající na atom uhlíku v uhlovodíkovém palivu,
 L_tteoretické množství vzduchu pro dokonalé spálení 1 kg paliva při
 stechiometrické směsi,
 λsoučinitel přebytku vzduchu,
 ρ_ihustota i-té složky,
 ρ_{sp}hustota spalin,
 ρ_{pal}hustota paliva.

6.8 Statistické zpracování naměřených hodnot:

Vztahy uvedené předcházející části bakalářské práce platí pro vyhodnocování diskrétních bodů měření emisí. Pro statistické vyhodnocení je postup následující.

6.8.1 Vyhodnocení variability objemových koncentrací emisí:

Výpočet parametrů složek CO, NO, O₂:

6.8.1.1 V jednotlivých cyklech (doba měření 15 nebo 30 minut) :

- Střední objemová koncentrace složky emise : $\bar{c}_{v,i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n c_{v,i,j}$
- Střední směrodatná odchylka : $\bar{\sigma}_{v,i} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (c_{v,i,j} - \bar{c}_{v,i})^2}$
- Relativní směrodatná odchylka: $\bar{\delta}_{v,i} = \frac{\bar{\sigma}_{v,i}}{\bar{c}_{v,i}} \cdot 100\%$

Kde: npočet naměřených hodnot v cyklu 15 nebo 30 min.

6.8.1.2 V celém souboru měření: (pro 3 cykly pro malé kotle, pro 12cykly pro velké kotle)

- Střední objemová koncentrace složky emise:

$$\text{Pro malé kotle} \quad c_{v,i,stř} = \frac{1}{3} \sum_1^3 \bar{c}_{v,i}$$

$$\text{Pro velké kotle} \quad c_{v,i,stř} = \frac{1}{12} \sum_1^{12} \bar{c}_{v,i}$$

- Střední směrodatná odchylka:

$$\text{Pro malé kotle} \quad \sigma_{v,i,stř} = \frac{1}{3} \sum_1^3 \bar{\sigma}_{v,i}$$

Pro velké kotle

$$\sigma_{v,i,stř} = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} \bar{\sigma}_{v,i}$$

- Střední relativní odchylka objemové koncentrace :

$$\delta_{v,i,stř} = \frac{\sigma_{v,i,stř}}{c_{v,i,stř}} \cdot 100$$

6.8.2 Vyhodnocení variability objemové koncentrace emisí přepočtených na obsah 3% O₂:

Výpočet se provádí pro získání údajů k porovnání emisí s předepsanými limity dle vyhlášky MŽP č. 146/2007 Sb. Výpočet střední objemové koncentrace složky emise obsah 3% O₂ ve spalínách je dle vztahu.

$$c_{v,i,3\%} = \frac{18}{21 - c_{v,o_2,stř}} \cdot c_{v,i,stř}$$

Kde:

$c_{v,o_2,stř}$ střední objemová koncentrace O₂ ve výfukových plynech celého souboru měření,

$c_{v,i,stř}$ střední objemová koncentrace složky emise z celého souboru měření.

Relativní střední směrodatná odchylka: $\delta_{v,i,3\%} = \sqrt{\delta_{v,o_2,stř}^2 + \delta_{v,i,stř}^2}$

Poznámka:

uvedené vztahy platí i pro hmotností koncentrace složek emisí (mg/m_N³) neboť vzájemný vztah mezi těmito parametry je ve tvaru:

$$C_i = c_{v,i,3\%} \cdot \rho_{n,i}$$

Kde:

$\rho_{n,i,3\%}$ hustota škodliviny v normálních podmínkách
(p = 101,3 kPa, t=0°C)

6.8.3 Výpočet variability emisních toků:

Emisní toky se vyhodnocují pro stav vlhkých plynů. Objemové koncentrace složek CO No_x se při měření určují z podmínek suchých plynů a proto je nutné provést jejich přepočet na

podmínky vlhkých plynů. Pro emisní tok platí obecný vztah:

$$G_i = C_{v,i,stř}^v \cdot \rho_i \cdot V_{sp} = C_{v,i,stř}^v \cdot \frac{\rho_i}{\rho_{sp}} \cdot G_{sp} = C_{v,i,stř}^v \cdot \frac{\rho_i}{1,293} \cdot [G_{pal} + G_{vz}]$$

kde:

$c_{v,i,stř}^v$ střední objemová koncentrace složky emisí ve vlhkých plynech. Dále je emisní tok vztahován na normální podmínky tj. tlak 101,3 kPa a teplotu 0°C

ρ_{sp} hustota spalin (výpočet se volí jako hustota suchého vzduchu při normálních podmínkách

- Pro výpočet toku emise musí určit průtočná množství paliva a vzduchu. Jsou možné dva způsoby určení těchto veličin:
- Přímé měření obou složek
- Přímé měření jedné složky a výpočet druhé pomocí součinitele přebytku vzduchu stanoveného z obsahu ve spalínách.

6.8.4 Měření objemového přepočtu množství paliva

6.8.4.1 postup při vyhodnocení jednotlivých cyklů:

Provádí se zjišťováním doby spotřeby stanoveného objemu paliva. Pro plynná paliva se současně provádí i přepočet na normální podmínky $p = 101,3 \text{ kPa}$ a $t = 0^\circ\text{C}$

Objemový průtok paliva:

$$V_{pal} = \frac{V}{\bar{\tau}} \cdot 3600 = \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

Střední objemová spotřeba paliva v cyklu se určí vyhodnocením n měření:

$$\bar{V}_{pal} = \frac{V}{\bar{\tau}} \cdot 3600 =$$

Kde:

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \tau_i \quad \dots - \text{střední doba spotřeba}$$

$$\bar{\sigma}_{\tau} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\tau_i - \bar{\tau})^2} = \quad \dots - \text{střední směrodatná odchylka}$$

Kde : n ...počet měřených cyklů.

$$\bar{\sigma}_{\tau} = \frac{\bar{\sigma}_{\tau}}{\bar{\tau}} \quad \dots \text{střední relativní směrodatná odchylka}$$

$\bar{\sigma}_{prur} = \frac{\varepsilon}{2} \quad \dots$ - střední relativní směrodatná odchylka objemového měřidla stanoveného z údaje přesností měřidla:

Variabilita objemového množství paliva je vyjádřena střední relativní směrodatnou odchylkou:

$$\sigma_{pal} = \sqrt{\bar{\sigma}_{prur}^2 + \bar{\sigma}_{\tau}^2}$$

Pro plynná paliva je nutné provádět přepočet na normální podmínky. Přepočítávací koeficient je:

$$K = \frac{P_{pal}}{101,325} \cdot \frac{t + 273,1}{t_{pal}}$$

Pokud v průběhu měřeného cyklu jsou veličiny ve vztahu pro výpočet proměnlivé, použijí se k určení střední hodnoty těchto veličin a jejich variabilita se posoudí výpočtem střední směrodatné odchylky jednotlivých veličin a střední relativní odchylkou součinitel k .

Střední objemová spotřeba paliva přepočtená na normální podmínky bude:

$$\bar{V}_{pal_N} = k \cdot \bar{V}_{pal}$$

a střední relativní směrodatná odchylka: $\bar{\delta}_{pal_N} = \sqrt{\delta_{pal}^2 + \delta_k^2}$

Pozn.:

k posouzení variability přepočítávacího koeficientu lze použít přibližný postup, který vyhodnocuje pouze přesnost použitých měřidel (teplota, tlak). Pak střední relativní odchylka koeficientu k bude:

$$\delta_k = \frac{\varepsilon_p + \varepsilon_t}{2}$$

Pro kapalná paliva se zpravidla přepočet na normální podmínky neprovádí.

- Hmotnost spotřebovaného paliva $G_{pal,N} = V_{pal,N} \cdot \rho_n$ (kg/h) a střední relativní odchylka: $\delta_{pal,G} = \delta_{pal,v}$

6.8.4.2 postup při vyhodnocování celého měření

$$\text{Střední spotřeba paliva: } V_{pal,stř} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{V}_{j,pal,N}$$

$$\text{Střední relativní odchylka: } \delta_{pal,stř} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \bar{\delta}_{j,pal,N}$$

6.8.5 Stanovení hmotností spalín v cyklu:

Střední hmotnost spalín:

$$\begin{aligned} \bar{G}_{sp} &= \bar{G}_{vzd} + \bar{G}_{pal} = \bar{V}_{vzd,stř} \cdot \rho_{vzd} + \bar{V}_{pal,stř} \cdot \rho_{pal} \\ \bar{G}_{sp} &= (1 + \bar{\lambda} L_t) \cdot \bar{G}_{pal} \end{aligned}$$

Střední relativní odchylka hmotností spalín: $\delta_{sp} = \sqrt{\delta_{pal}^2 + \delta_{vzd}^2}$

$$\delta_{sp} = \sqrt{2\delta_{pal}^2 + \delta_{\lambda}^2}$$

6.8.6 Střední koncentrace složek ve vlhkých plynech:

Pro složky CO a NO₂, které se při měření analyzátory zjišťují v suchých plynech je nutné provést přepočet na stav ve vlhkých plynech. Střední koncentrace ve vlhkých plynech v cykluje dle vztahu:

$$C_{v,i}^v = \bar{C}_{v,i} \cdot \left[1 - Y \cdot \frac{G_{pal}}{G_{vzd}} \right]$$

Kde:

Y je pro:

Zemní plyn (NG)	3,96
Propan – butan 60/40	2,525

Střední relativní odchylka koncentrace ve vlhkých plynech: $\delta_{c,v,i}^v = \sqrt{\delta_{pal}^2 + \delta_{vzd}^2 + \delta_{c,v,i}^2}$

Střední hmotnostní tok složky emise pro normální podmínky a vlhké plyny pak bude:

$$\bar{E}_i = C_{v,i}^v \cdot \rho_i \cdot \bar{V}_{sp} = c_{v,i}^v \cdot \rho_i \cdot \frac{G_{pal} + G_{vzd}}{1,293}$$

A střední relativní odchylka: $\delta_{E_i} = \sqrt{\delta_{c,v,i}^2 + \delta_{sp}^2}$

Po vyhodnocení jednotlivých 30 minutových cyklů se určí průměrné hodnoty z měření složek CO, NO_x z obecného vztahu :

$$E_{i,stř} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n E_i$$

A střední relativní odchylka hmotnostního toku složky emise: $\delta_{E_{i,stř}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_{Ei}$

6.8.7 Výpočet variability emisního faktoru:

Střední hodnota emisního faktoru je dána vztahem: $f_{i,stř} = \frac{E_{i,stř}}{V_{pal,stř}} \cdot 10^6$

A střední relativní odchylkou: $\delta_{f,i,stř} = \sqrt{\delta_{E_{i,stř}}^2 + \delta_{pal,stř}^2}$

Střední směrodatná odchylka emisního faktoru: $\sigma_{f,i,stř} = \frac{f_{stř} \cdot \delta_{f,i,stř}}{100}$

Pokud je známé složení paliva (teoretická spotřeba vzduchu L_t) lze k výpočtu emisního faktoru použít vztah:

$$f_{i,stř} = c_{v,i}^v \cdot \frac{\rho_i \cdot \rho_{pal}}{1,293} \cdot (1 + \lambda_{stř} \cdot L_t)$$

V tomto případě bude střední relativní odchylkou emisního faktoru:

$$\delta_{f,i,stř} = \sqrt{\delta_{i,stř}^2 + 2 \cdot \delta_{\lambda,O_2,stř}^2}$$

6.9 vliv přepočtu koncentrace na smluvní procento O₂ - 3%:

Korekce se provádí podle následujícího vztahu:

$$C_{v,3\%} = \frac{21 - O_v}{21 - O_M} \cdot C_{VM}$$

$C_{v,3\%}$koncentrace korigovaná na smluvní koncentraci kyslíku $O_v = 3\%$

C_{vm}koncentrace škodlivin změřená při koncentraci kyslíku O_M

O_vsmluvní koncentrace kyslíku ve výfukových plynech

O_Mnaměřená koncentrace kyslíku ve výfukových plynech

Vztažná koncentrace kyslíku ve spalínách je stanovena takto:

$O_v = 3\%$ Objemové v suchých spalínách.

Koncentrace kyslíku ve spalínách se počítá z teoretického přebytku vzduchu pro spalování:

$O_2 (\% \text{objem}) = 21 \cdot (\lambda - 1) / (\lambda - 0,1)$

7 Analýza výsledků autorizovaných měření emisí:

V následující části bakalářské práce byla provedena analýza výsledků měření, která se uskutečnila na katedře vozidel a motorů v období 2003-2011 na různých znečišťujících zdrojích. Dále uváděné rozborů byly zaměřeny na:

- analýzu využití výkonu znečišťujícího zdroje (časová analýza),
- posouzení závislosti emisí na obsahu kyslíku ve spalínách (bohatost směsi při spalování paliva) (analýza kyslíku),
- posouzení závislosti emisí na výkonu zdroje (analýza výkonu).

7.1 Přehled měřených zdrojů:

- 1) Kotelna RÝNOVICE - kotel UNIMA LOOS UT 11200, výrobní číslo 96 050-k1
P_{max} 10,99MW
- 2) Kotelna RÝNOVICE - kotel UNIMA LOOS UT 11200, výrobní číslo 101 412-k2
P_{max} 7,5MW
- 3) Kotelna FRÝDLANT - kotel SLATINA typ 2500 I , výrobní číslo 22 107-k1 P_{max}
2,91MW
- 4) Kotelna FRÝDLANT - kotel SLATINA typ 2500 I , výrobní číslo 22 165-k2 P_{max}
2,91MW
- 5) Kotelna FRÝDLANT - kotel SLATINA typ 2500 I , výrobní číslo 22 166-k3 P_{max}
2,91MW
- 6) Kotelna FRÝDLANT - kotel SLATINA typ 1600 I , výrobní číslo 22 046-k4 P_{max}
2,61MW
- 7) Kotelna TERMO DĚČIN BYNOV- Kotel DANSTORKER TVB H, výrobní číslo
E95 1563 1- k1 P_{max} = 5,5 MW.
- 8) Kotelna TERMO DĚČIN BYNOV- Kotel DANSTORKER TVB H, výrobní číslo
E95 1563 2- k2 P_{max} = 5,5 MW.
- 9) Unimat loos UT-HZ-WT
- 10) Kotel DANSTOKER TVB K1 P_{max} = 5.9 MW
- 11) Kotel DANSTOKER typ TVB 12 v.č. 97-3469-2-k1 P_{max} = 5,9 MW
- 12) Kotel DANSTOKER typ TVB 12 v.č. 97-3469-2-k2 P_{max} = 5,9 MW
- 13) Kotel UNIMA LOOS typ 5200 v.č. 59415-k1 P_{max} = 4,46 MW
- 14) Kotel UNIMA LOOS typ 5200 v.č. 59415-k1 P_{max} = 4,46 MW
- 15) Kotel De DITRICH typ DTG N220-14 ATMOSTERICKÝ HOŘÁK P_{max} = 117
Kw

1	kotelna rýnovice							
UNIMA LOOS TYP UT 11200 Výrobní číslo 96 050-k1 Pmax10.99mw								
ROK	2006	2008	2009	2010	2011	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	4.89	4.13	7.21	3.56	2.48	4.454	1.8	40.41
O ₂ (%)	3.6	5.86	3.67	3.87	7.13	4.826	1.6	33.15
CO(mg/m ³ _N)	7	4.7	9.1	3.8	0	4.92	3.4	69.11
NO _x (mg/m ³ _N)	61.8	81.4	49.3	77	89.2	71.74	16	22.3
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	81.76	50.2	98.3	41	0	54.252	38.2	70.41
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	721.8	870.5	533.6	840.1	953.8	783.96	162.8	20.77

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna velká proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

2	kotelna rýnovice								
UNIMA LOOS TYP UT 11200 Výrobní číslo 101 412-k2 Pmax 7.5mw									
ROK	2006	2007	2008	2009	2010	2011	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	3.62	4.84	4.18	3.58	3.58	2.56	3.73	0.76	20.38
O ₂ (%)	4.8	3.53	6.43	3.93	4.17	5	4.64	1.03	22.2
CO(mg/m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO _x (mg/m ³ _N)	67.8	71.5	58.9	61.1	67.1	71	66.23	5.17	7.81
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	524.1	763.6	629.1	661.2	732.3	758.6	678.15	92.88	13.7

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

3		FRÝDLANT							
plynový kotel slatina typ 2500 I Výrobní číslo 2 2 107-k1 Pmax 2.91MW									
ROK	2004	2007	2008	2009	2011	2012	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	3.12	2.9	2.95	2.95	2.87	3.01	2.97	0.09	3.03
O ₂ (%)	3.63	3.43	4.37	3.67	3.03	2.87	3.5	0.53	15.14
CO(mg/m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO _x (mg/m ³ _N)	176.9	163.9	178.4	163.3	85.2	82.5	141.7	45.26	31.94
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	1892.4	1750.4	1905.3	1738.9	909.3	887.7	1514	481.81	31.82

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna velká proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

4			FRÝDLANT						
plynov7 kotel slatina typ 2500 I Výrobní číslo 2 2 165-k2 Pmax 2.91mw									
ROK	2004	2007	2008	2009	2011	2012	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	3.15	2.55	3.01	3.02	2.87	2.67	2.88	0.23	7.99
O ₂ (%)	3.6	5.4	3.7	3.9	3.27	5	4.15	0.85	20.48
CO(mg/m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	
NO _x (mg/m ³ _N)	181.1	158.3	183.2	169.6	171.9	164.3	171.4	9.58	5.59
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	1937.3	1690.6	2094.3	1806.9	1836	1768.5	1855.6	142.28	7.67

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

5		FRÝDLANT							
Plynový kotel slatina typ 2500 I Výrobní číslo 2 2 166-k3 Pmax 2.91MW									
ROK	2004	2007	2008	2009	2011	2012	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	3.25	2.83	2.88	2.86	2.34	2.87	2.84	0.29	10.21
O ₂ (%)	2.9	4.1	6.8	4	3.97	4.47	4.37	1.3	29.75
CO(mg/m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO _x (mg/m ³ _N)	189.4	172.4	183.2	162.1	171.7	62.4	156.87	47.25	30.12
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	2026	1841.2	1956.3	1726.1	1833.9	671.3	1675.8	503.04	30.02

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna velká proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

6		FRÝDLANT						
Plynový kotel slatina typ 1600 I Výrobní číslo 2 2 046-k4 Pmax 2.61MW								
ROK	2004	2008	2009	2011	2012	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	1.93	1.83	1.85	1.84	1.9	1.87	0	0
O ₂ (%)	3.3	5.7	3.6	3.2	3.27	3.814	1.1	28.84
CO(mg/m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	
NO _x (mg/m ³ _N)	158.3	150.5	134.7	163.7	160.1	153.46	11.5	7.49
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	1693.4	1515.2	1434.3	1747.6	1723.1	1622.72	139.4	8.59

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

7 KOTELNA TERMO DĚČIN BYNOV							
plynový kotle Danstorker TVB H Výrobní číslo E95 1563 1-k1 Pmax 5.5mw							
ROK	2006	2008	2009	2010	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	3.74	3.91	5.01	2.78	3.86	0.91	23.58
O ₂ (%)	3.53	4.17	7.8	3.9	4.85	1.98	40.82
CO(mg/m ³ _N)	0	0	5	0	1.25		
NO _x (mg/m ³ _N)	160.5	179	137.3	162.1	159.73	17.13	10.72
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	0	0	54.3	0	13.58		
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	1714.1	1911.8	1485.1	1769.1	1720.03	177.4	10.31

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna velká proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

8 KOTELNA TERMO DĚČIN BYNOV							
plynový kotle Danstorker TVB H Výrobní číslo E95 1563 1-k2 Pmax 5.5mw							
ROK	2006	2008	2009	2010	\bar{x}	σ	γ
Pi(MW)	5.88	3.54	3.66	3.53	4.15	1.15	27.71
O ₂ (%)	3.4	4.33	5.8	4.43	4.49	0.99	22.05
CO(mg/m ³ _N)	0	0	4	0	1	2	
NO _x (mg/m ³ _N)	159.5	162.9	146.4	166.8	158.9	8.85	5.57
f _i (co)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	0	0	43.3	0	10.83	21.65	
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	1703.4	1739.9	1583	1820.3	1711.65	98.69	5.77

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

9 Unimat loos UT-HZ-WT							
	2004	2006	2007	2009	\bar{x}	σ	γ
Pe(MW)	9.91	6.18	6.32	1.868	6.07	3.29	54.2
O ₂ (%)	3.93	2.95	3.5	5.85	4.06	1.26	31.03
CO(mg/m ³ _N)	5.6	0	0	0	1.4	2.8	
NO _x (mg/m ³ _N)	111.8	112.1	107.4	115.4	111.68	3.28	2.94

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

10 Parametry hodnota kotel DANSTOKER TVB K1 Pi = 5.9 MW							
ROK	2007	2008	2009	\bar{x}	σ	γ	
Pi(MW)	1.814	3.551	4.09	3.15	1.19	37.78	
O ₂ (%)	4.7	3.4	4.3	4.13	0.67	16.22	
CO(mg/M ³ _N)	0	0	0	0	0		
NO _x (mg/M ³ _N)	74.1	71.2	66.9	70.73	3.62	5.12	
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	791.4	760.5	723.6	758.5	33.94	4.47	

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

11	stacionární zdroj: kotel DANSTOKER typ TVB 12 v.č. 97-3469-2-k1							
stanoviště: Teplárna Želenice								
Jmenovitý výkon: 5900kW								
ROK	2006	2007	2008	2009	2010	\bar{x}	σ	γ
Pe(kW)	2699	1814	3552	4090	1784	2787.8	1030	36.95
CO(mg/m³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	
NO _x (mg/m³ _N)	73.7	74.1	71.2	66.9	74.6	72.1	3.2	4.44
O ₂ (%)	3.37	4.73	3.4	4.33	5.17	4.2	0.8	19.05
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m³ _N)	787.1	791.4	760.5	723.6	914.6	795.44	71.9	9.04

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

12	stacionární zdroj: kotel DANSTOKER typ TVB 12 v.č. 97-3469-2-k2							
stanoviště: Teplárna Želenice								
Jmenovitý výkon: 5900kW								
ROK	2006	2007	2008	2009	2010	\bar{x}	σ	γ
Pe(kW)	2675	2410	3307	2410	1580	2476.4	620.8	25.07
CO(mg/m³ _N)	0	0	0	0	0	0	0	0
NO _x (mg/m³ _N)	72	72.9	68.6	69.9	67.6	70.2	2.2	3.13
O ₂ (%)	4.57	4.43	4.4	3.57	5.3	4.454	0.6	13.47
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m³ _N)	769	778.6	732.7	755.6	737.7	754.72	19.7	2.61

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

13	stacionární zdroj: kotel UNIMA LOOS typ 5200 v.č. 59415-k1										
stanoviště: Teplárna Tanvald											
Jmenovitý výkon: 4460kW											
ROK	2003	2004	2006	2007	2008	2009	2010	2011	\bar{x}	σ	γ
Pe(kW)	2671	3167	2195	1821	2091	1577	1940	1349	2101.38	587.32	27.95
CO(mg/m³ _N)	1.9	0.9	0.2	2.3	0	0	0	0	0.66	0.94	
NO _x (mg/m³ _N)	125.6	120.8	117.6	107.9	111.7	97.1	112	107	112.46	8.91	7.92
O ₂ (%)	4.33	2.7	2.77	3.17	5.83	3.63	3.73	3.7	3.73	1.01	27.08
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m³ _N)	1337.6	1287.2	1256	1152.4	1193	1050.4	1199.4	1143	1202.38	90.69	7.54

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

14 stacionární zdroj: kotel UNIMA LOOS typ 5200 v.č. 59415-k1											
stanoviště: Teplárna Tanvald Jmenovitý výkon: 4460kW											
ROK	2003	2004	2006	2007	2008	2009	2010	2011	\bar{x}	σ	γ
Pe(kW)	2402	4198	2539	1928	2091	2145	2326	1191	2352.5	852.27	36.23
CO(mg/m ³ _N)	0	1.96	0	0	0	0.5	0	0	0.31	0.69	
NO _x (mg/m ³ _N)	138.7	148.5	140.4	131.5	132.9	119.4	158.6	112.4	135.3	14.89	11.01
O ₂ (%)	3.7	3.43	4.5	4.77	5.83	3.47	3.47	3.3	4.06	0.9	22.17
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	1477.1	1582.3	1499.5	1404.4	1419.5	1291.9	1698.2	1201	1446.74	156.85	10.84

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna malá proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

15 stacionární zdroj: kotel De DITRICH typ DTG N220-14 ATMOSTERICKÝ HOŘÁK									
stanoviště: Plynové kotelny SEVER Liberec									
Jmenovitý výkon: 117kW									
ROK	2005	2005	2005	2005	2010	2010	\bar{x}	σ	γ
Pe(kW)	104.2	95.8	105.5	123.3	104.2	58.1	98.52	21.76	22.09
CO(mg/m ³ _N)	13.7	16.8	19.7	1.7	22.7	13.4	14.67	7.28	49.63
NO _x (mg/m ³ _N)	75.3	66.5	32.9	55.7	41.6	46.1	53.02	15.93	30.05
O ₂ (%)	11.07	11.8	8.7	7.1	11.5	13.2	10.56	2.24	21.21
f _i (Nox)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	802.4	708.6	352.1	596.1	445.2	494	566.4	168.91	29.82
f _i (CO)Kg/10 ⁶ m ³ _N)	146	179	210.8	18.2	243	143.4	156.73	77.9	49.7

HODNOCENÍ :

Ve sledovaném časovém období z výsledků autorizovaných měření emisí STACIONÁRNÍHO ZDROJE byla při významné změně výkonu (a souvisící změně o₂) zjištěna velká proměnlivost emise NO_x, CO i emisního faktoru.

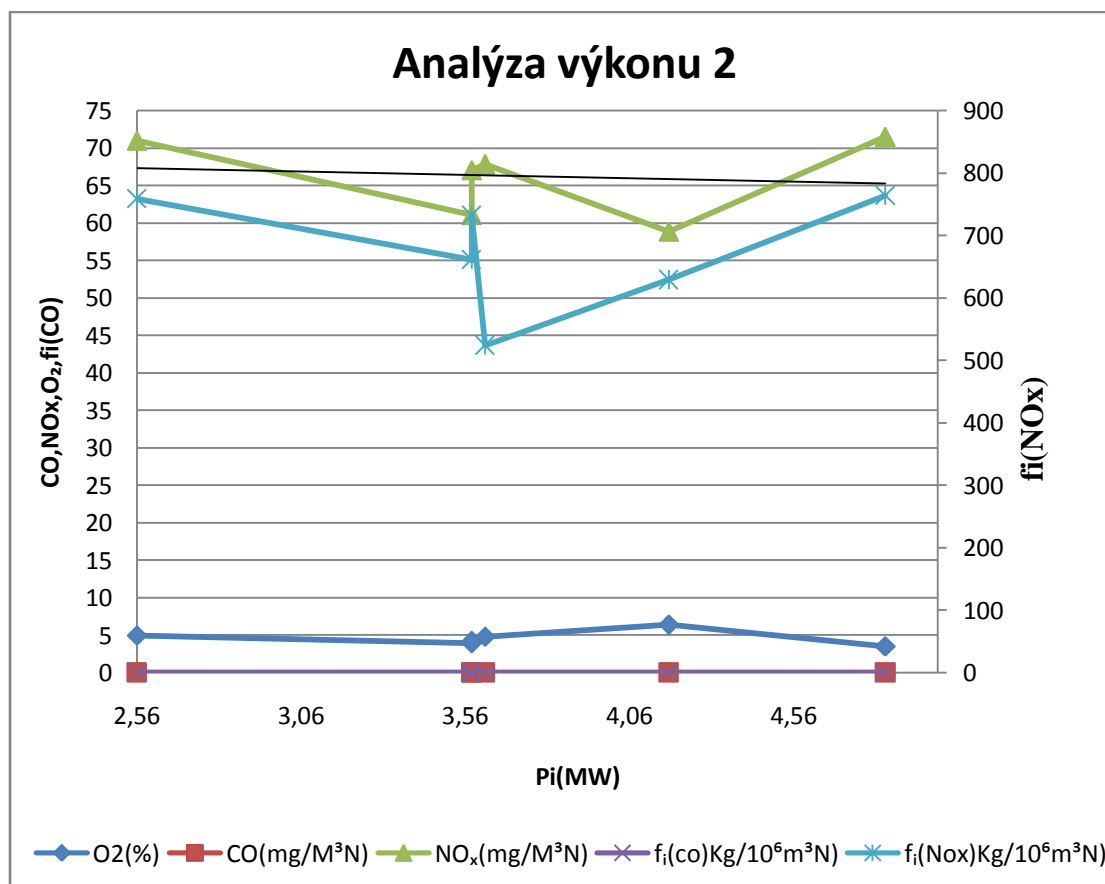
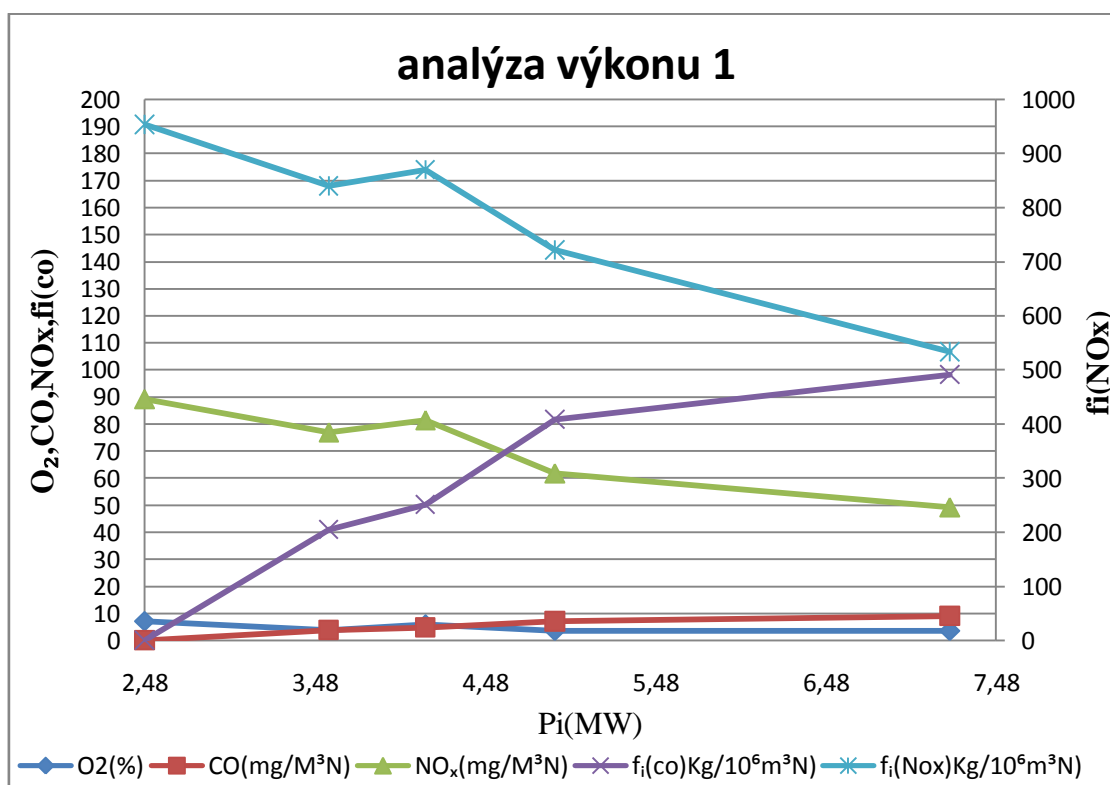
7.2 Analýza období 2003-2011 vybraných stacionárních zdrojů.

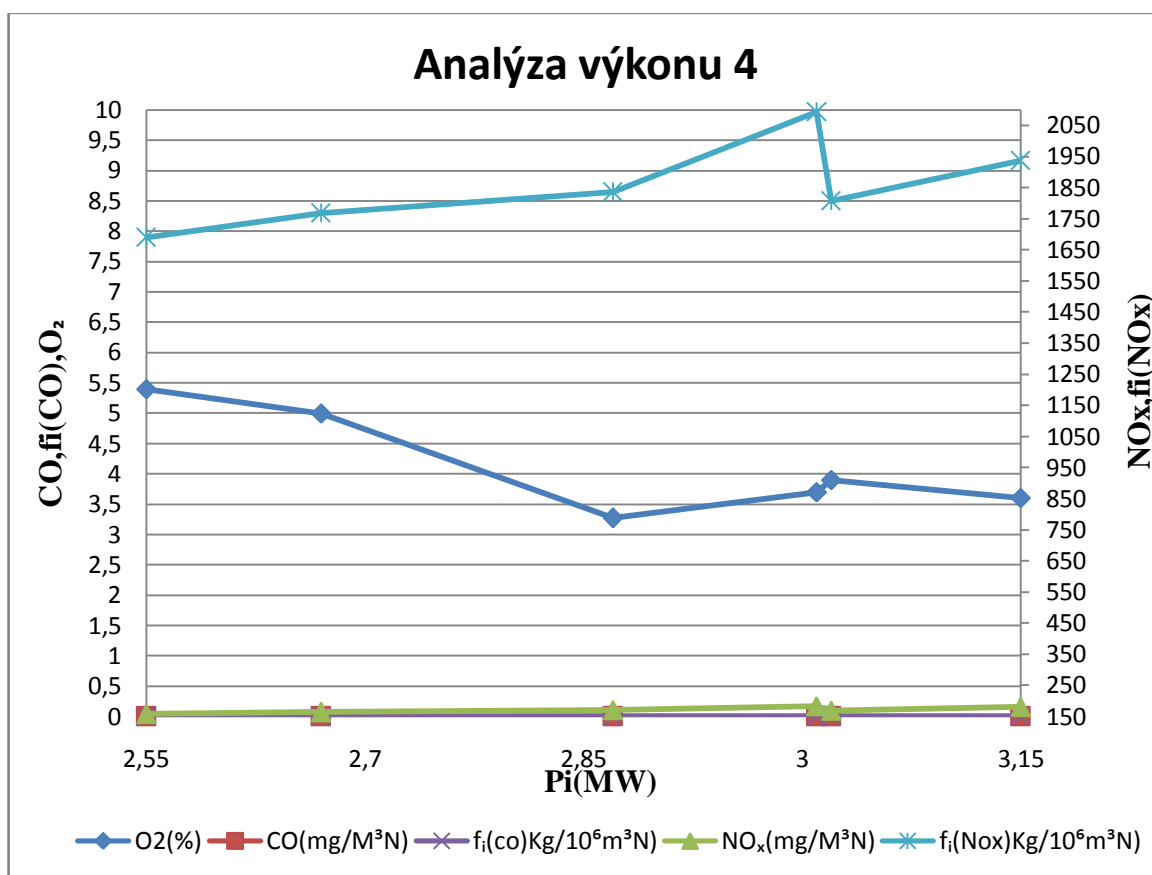
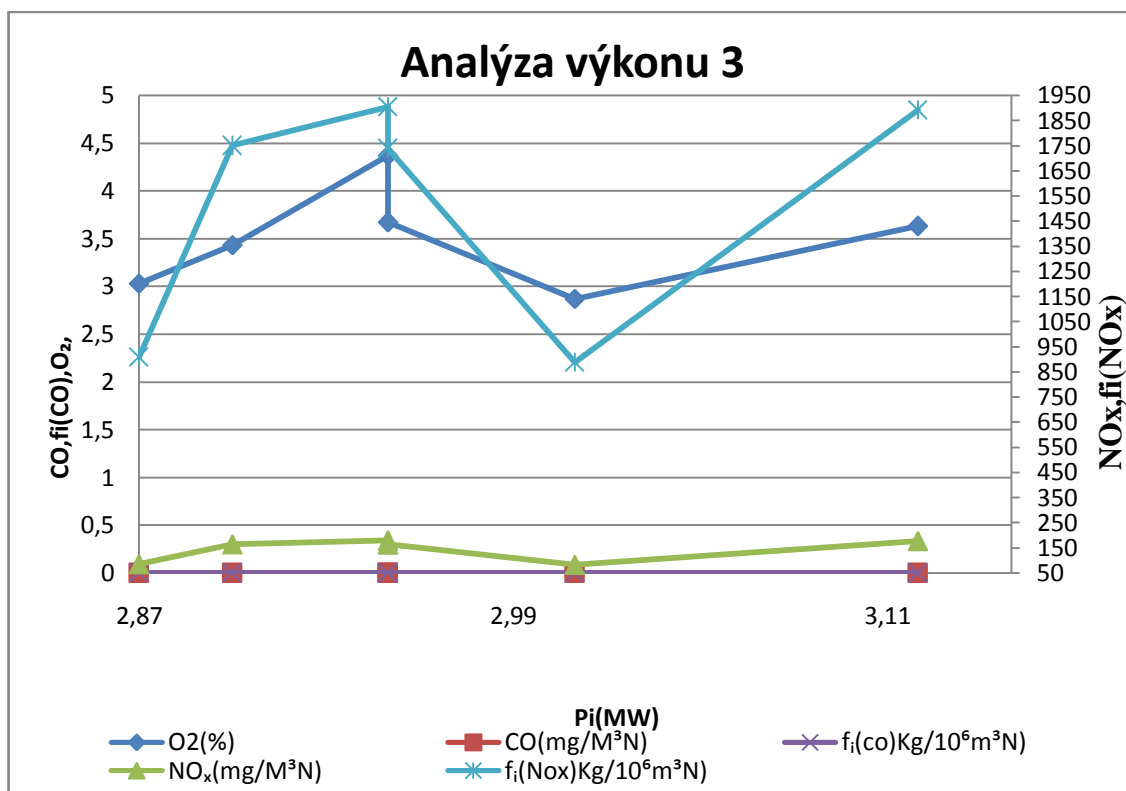
Typ zdrojů:

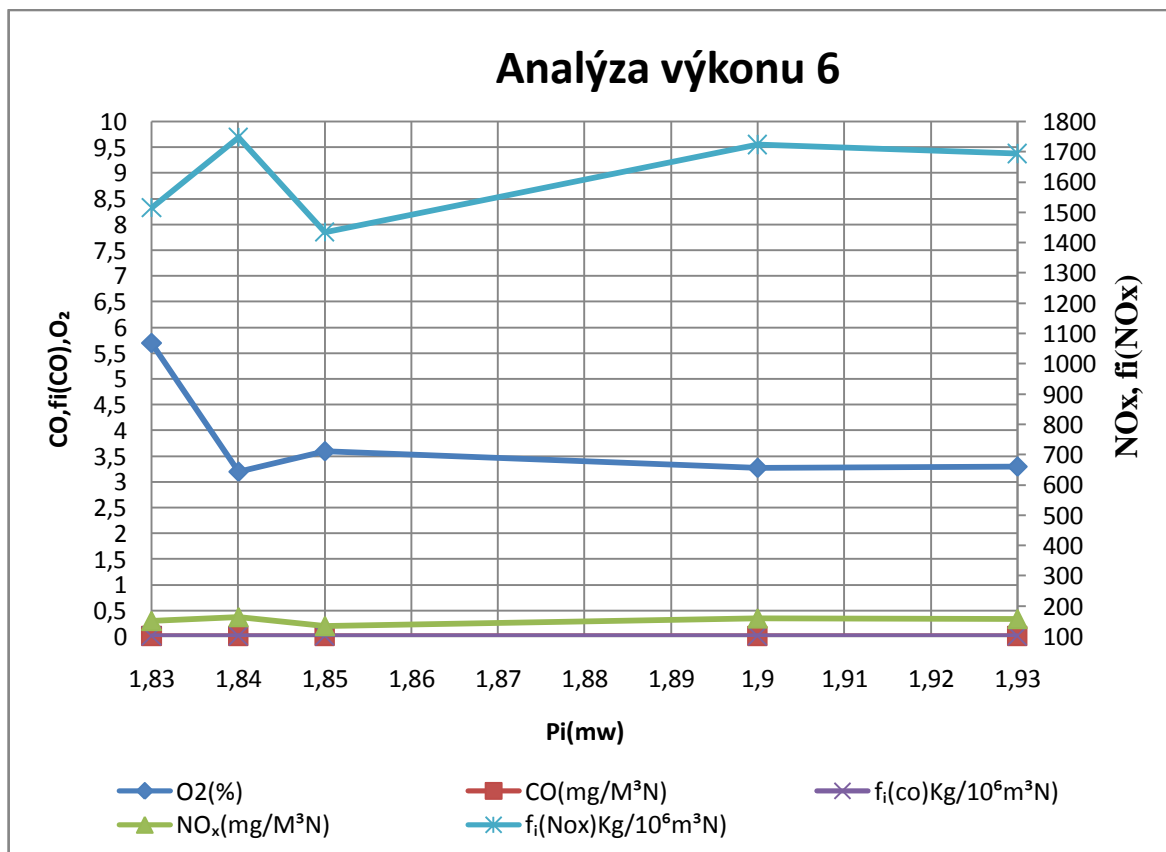
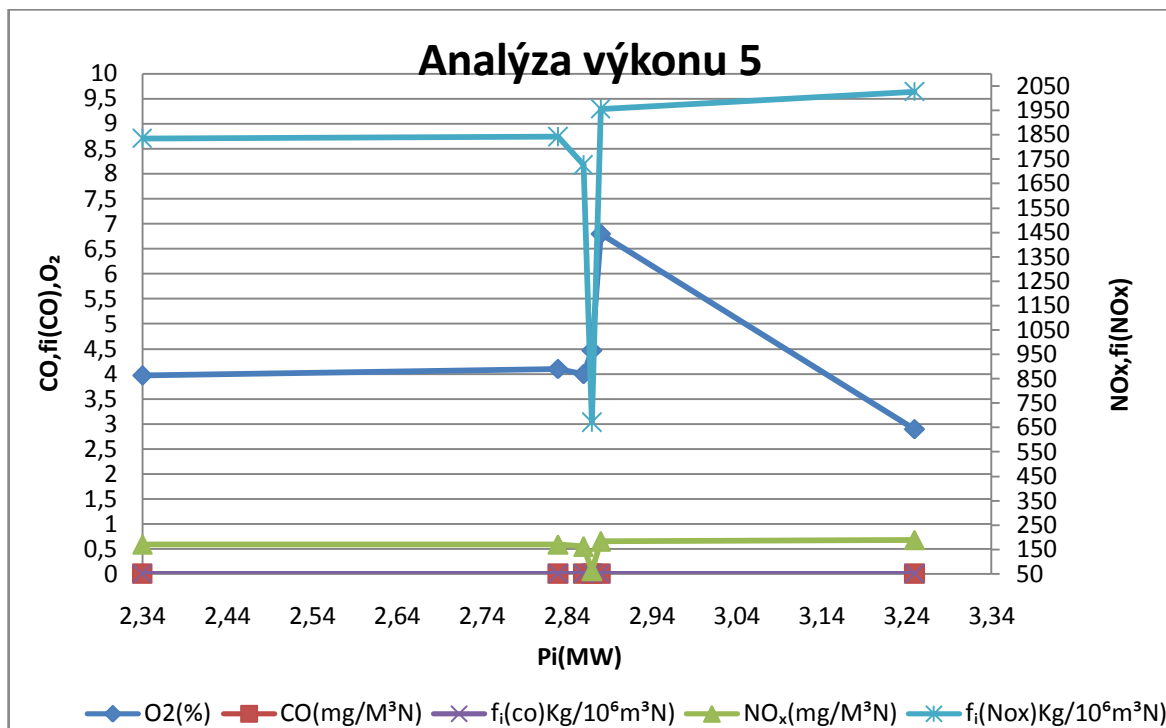
- Kotle s tlakovým hořákem
- Kotle s atmosférickým hořákem

Součástí tabulkové části je soubor grafů. Pro některé zdroje byly grafy zpracovány regresní analýzou (zejména závislosti O₂ a složek emisí).

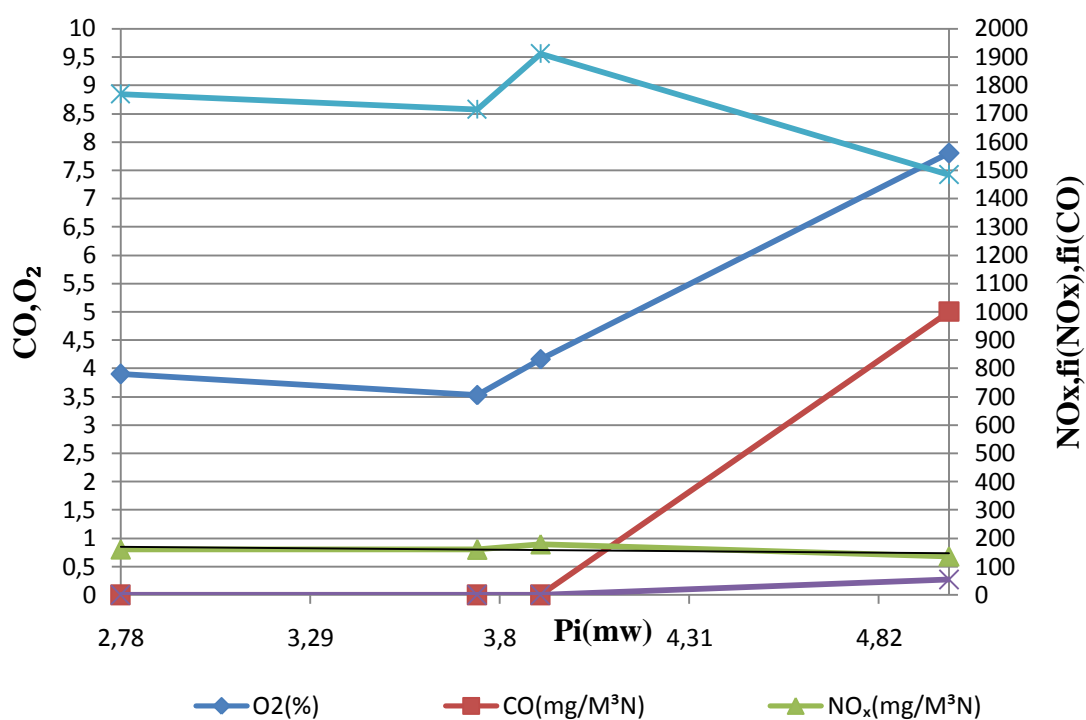
7.2.1 PŘÍLOHA ANALÝZA VÝKONU:



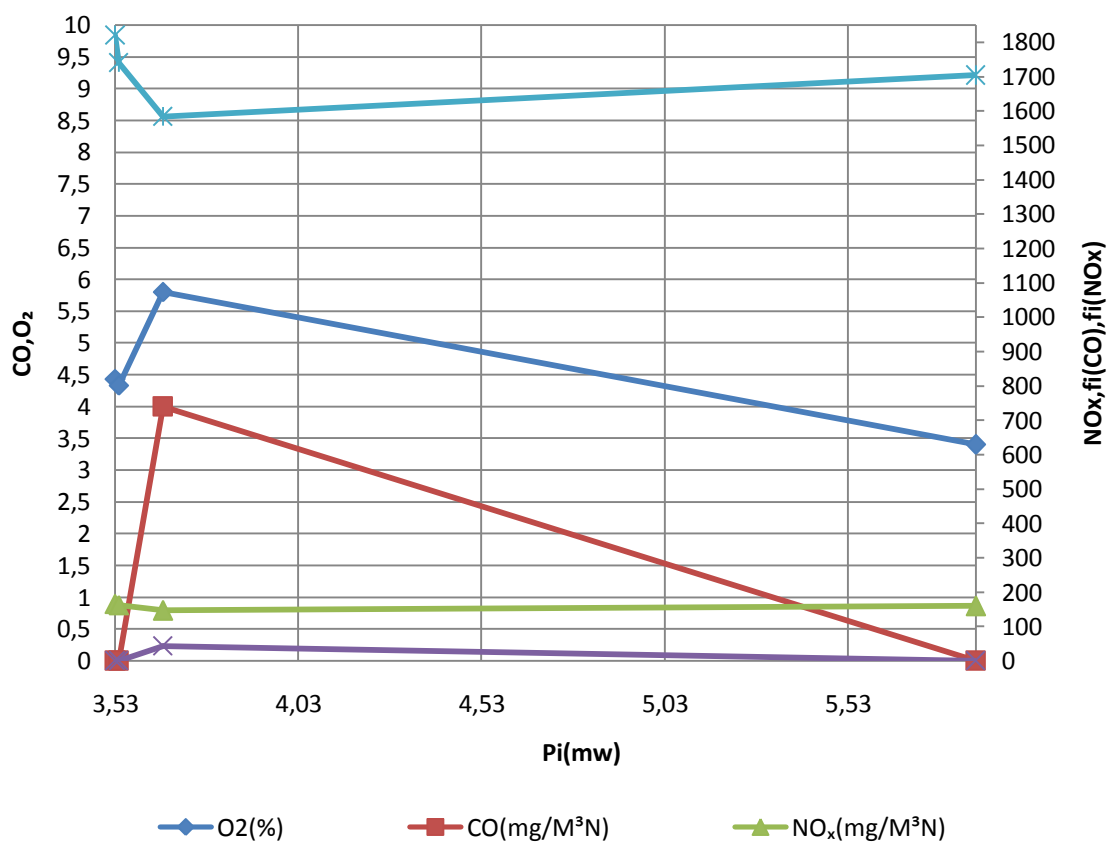




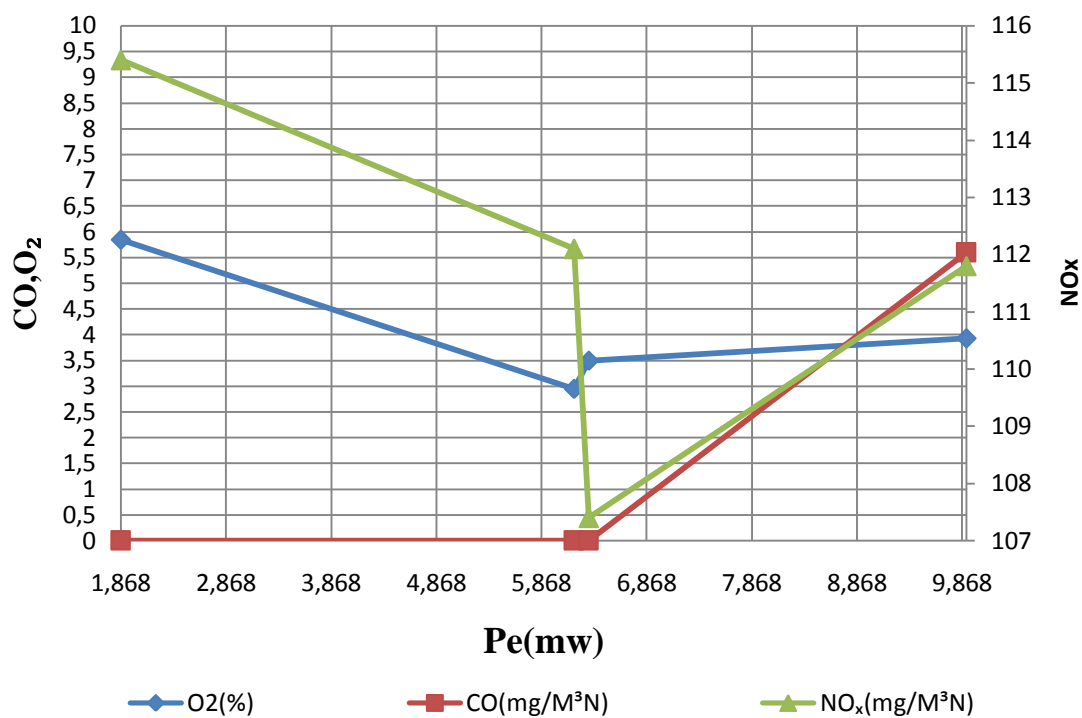
Analýza výkonu 7



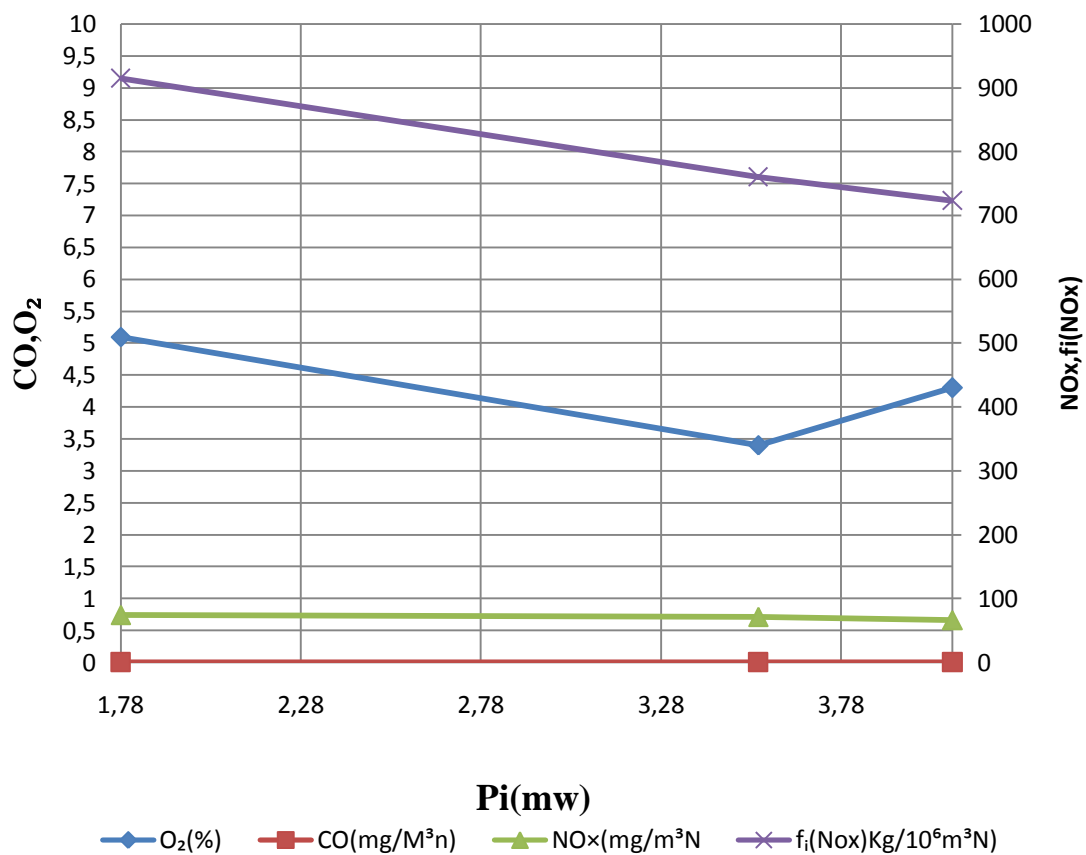
Analýza výkonu 8



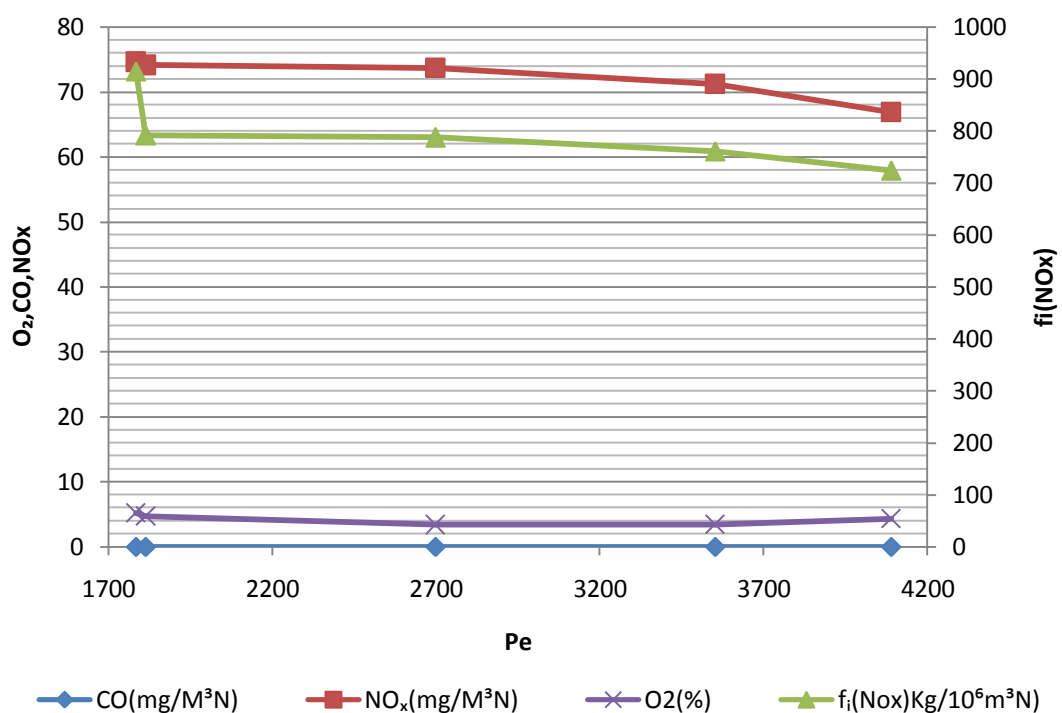
ANALÝZA VÝKONU 9



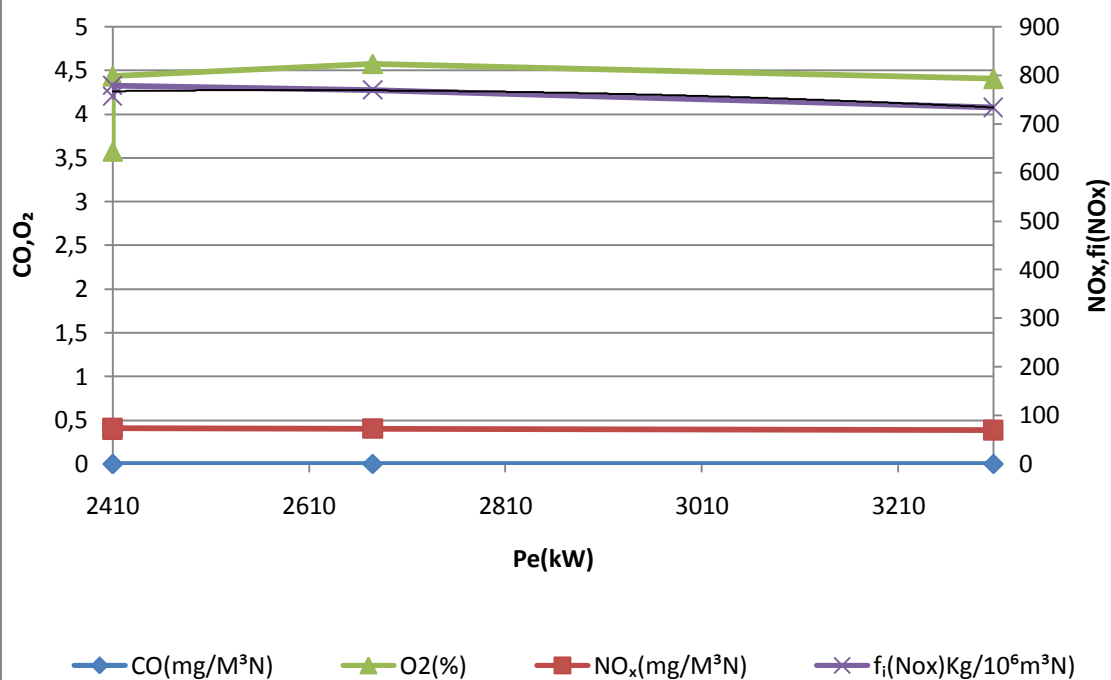
ANALÝZA VÝKONU 10



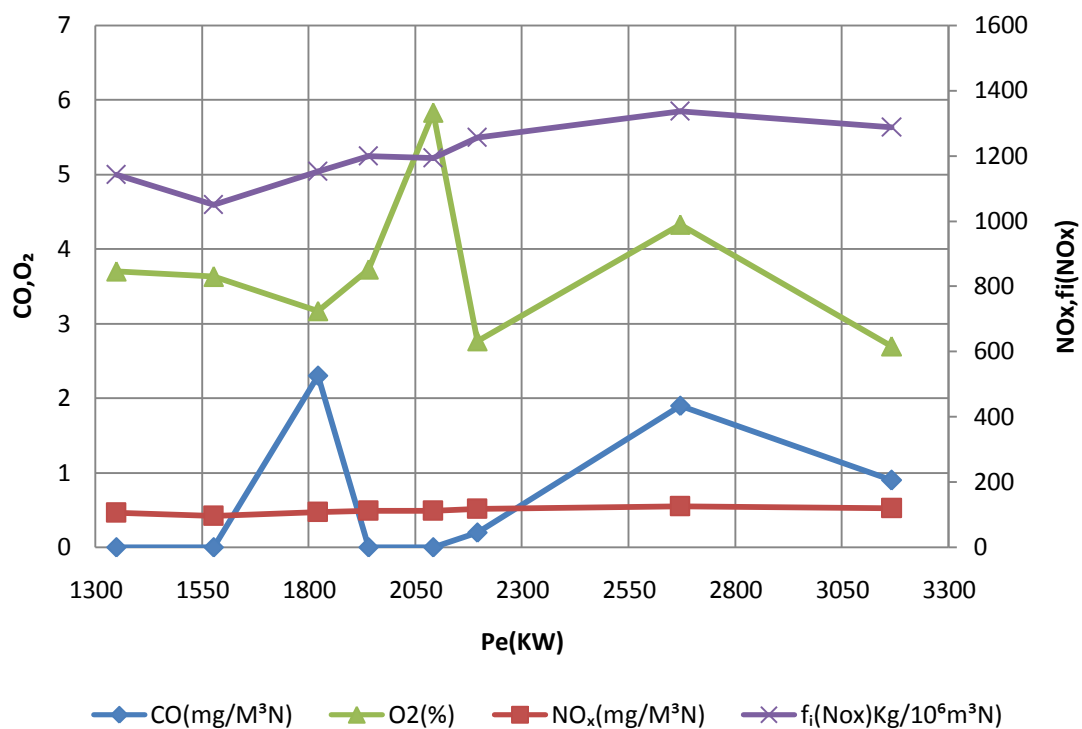
ANALÝZA VÝKONU 11



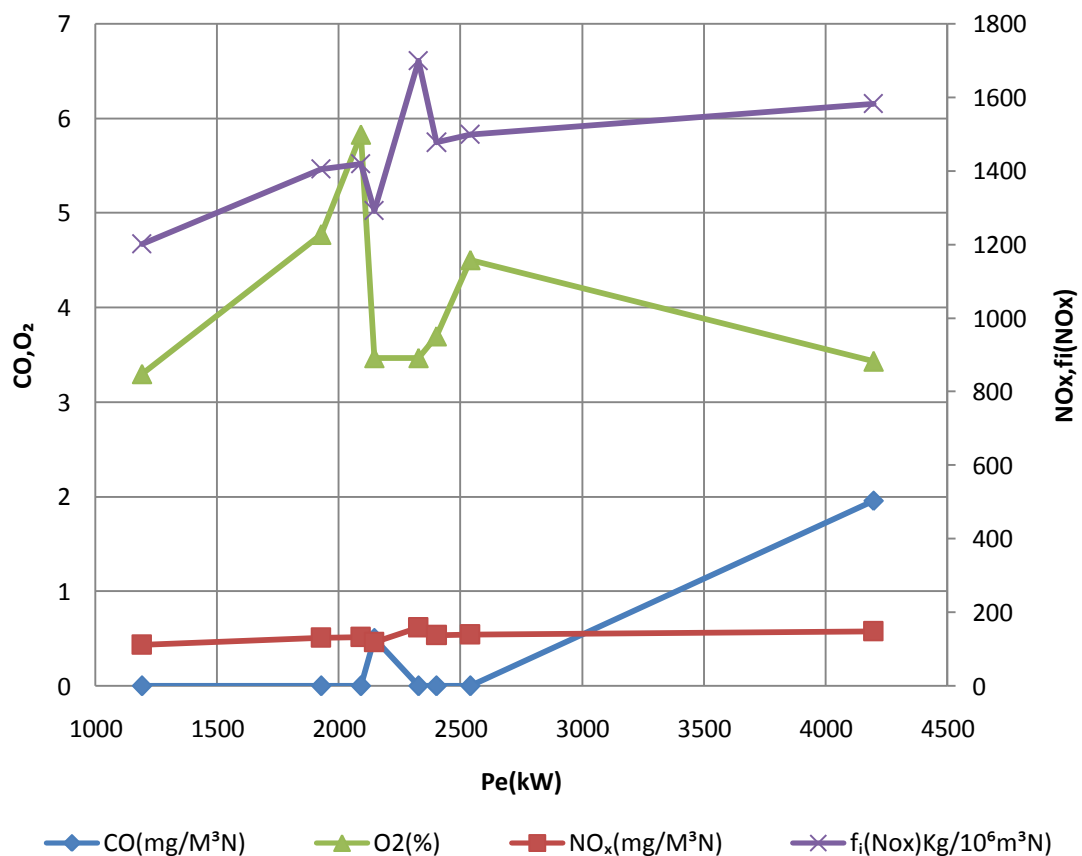
ANALÝZA VÝKONU 12

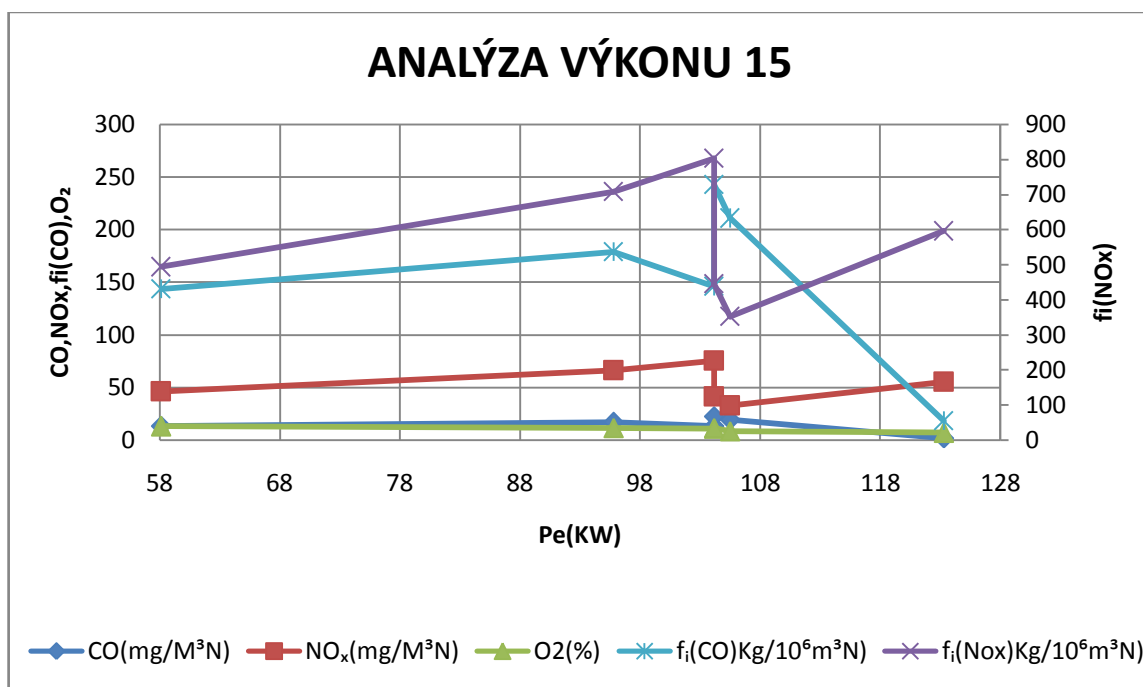


ANALÝZA VÝKONU 13

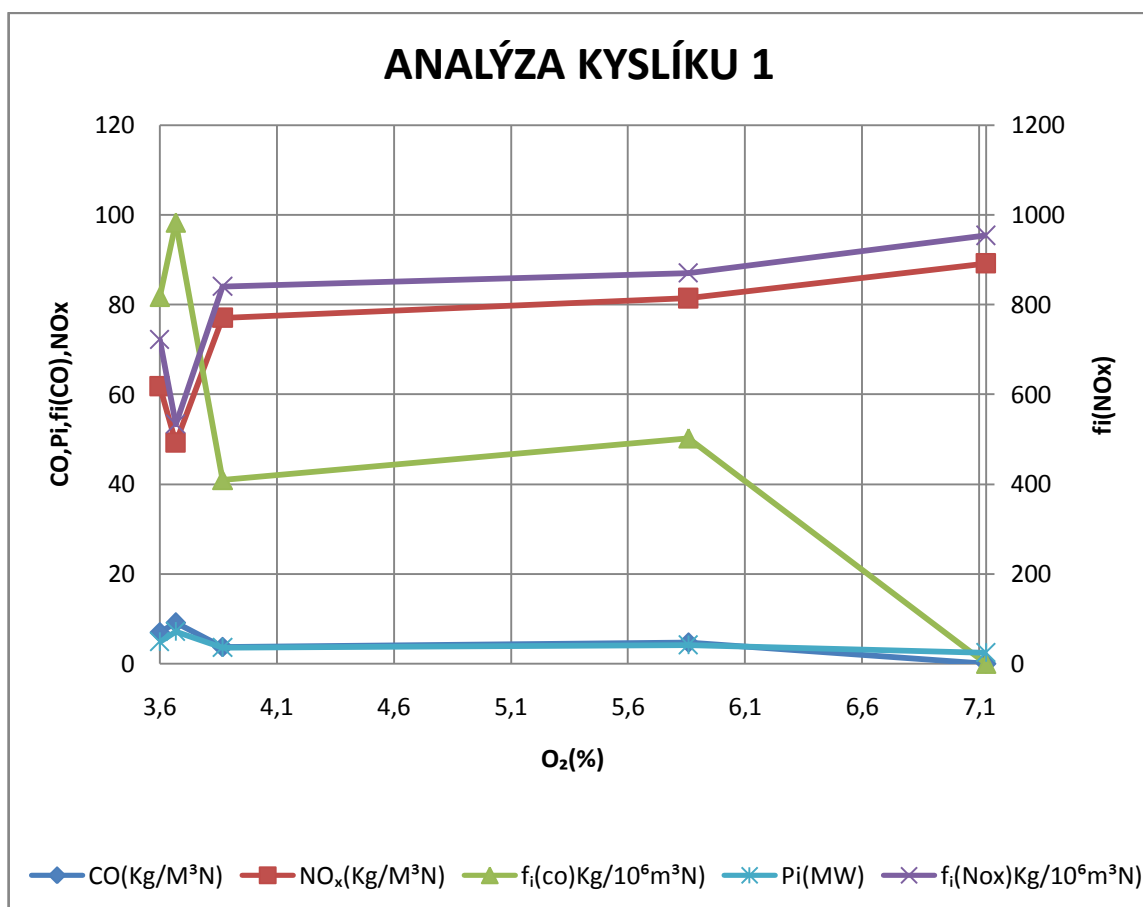


ANALÝZA VÝKONU 14

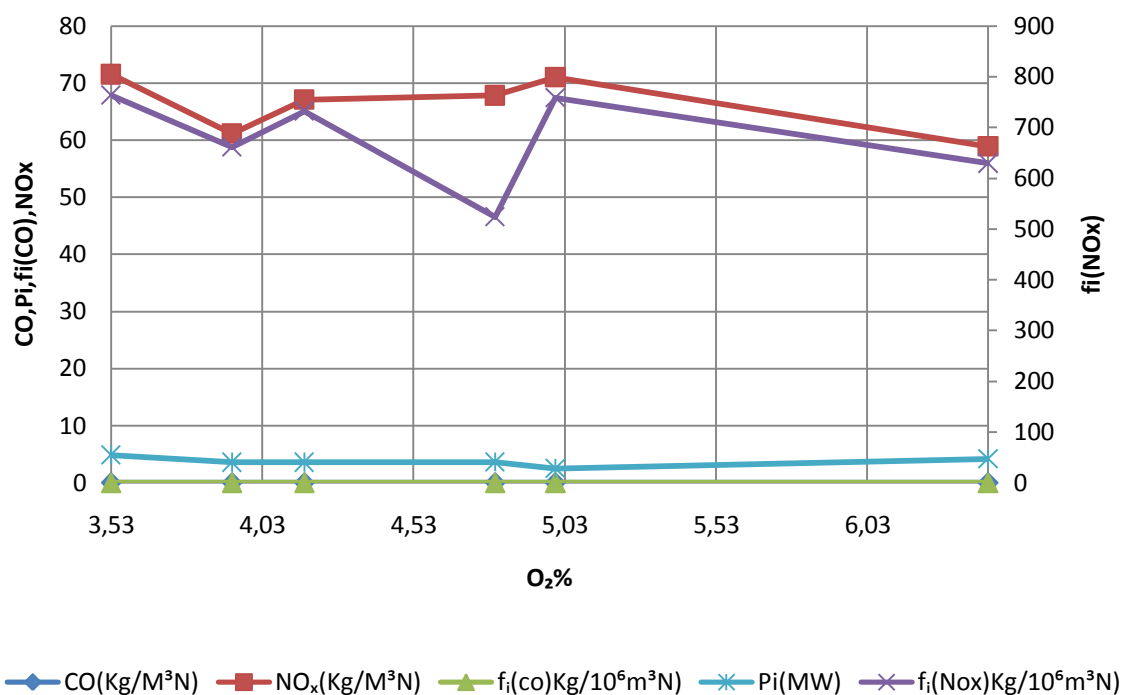




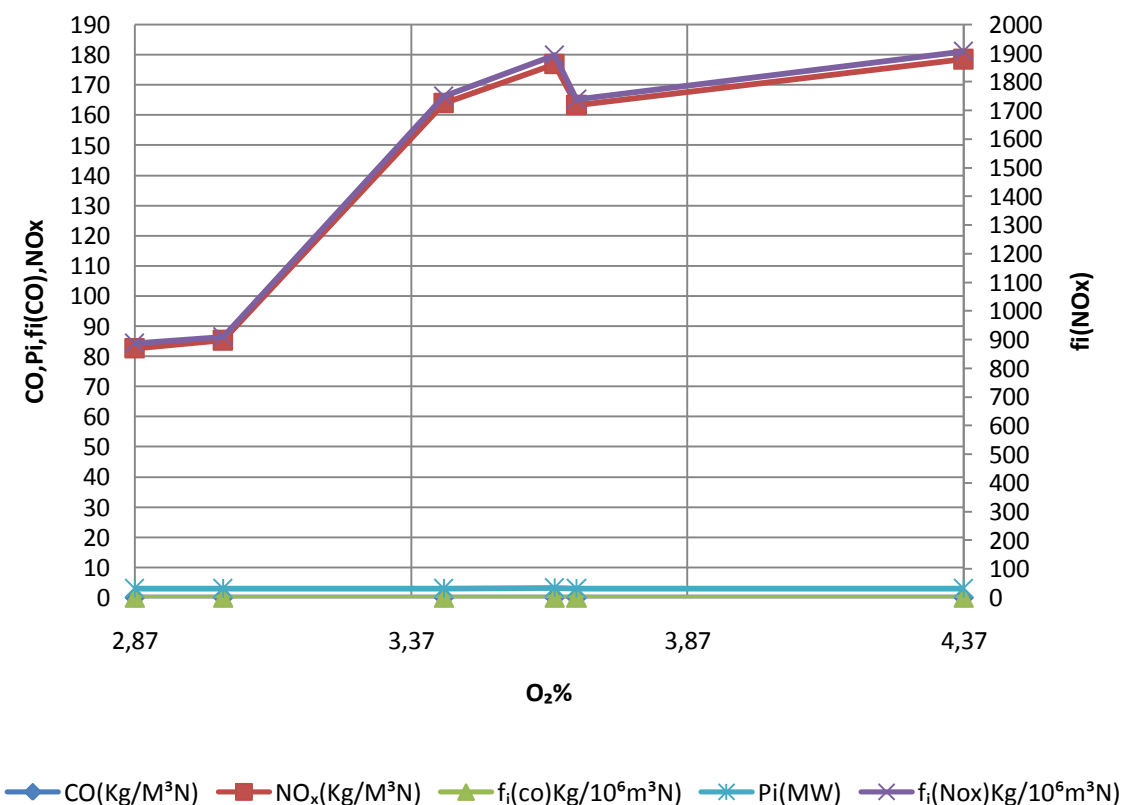
7.2.2 PŘÍLOHA ANALÝZA KYSLÍKU:



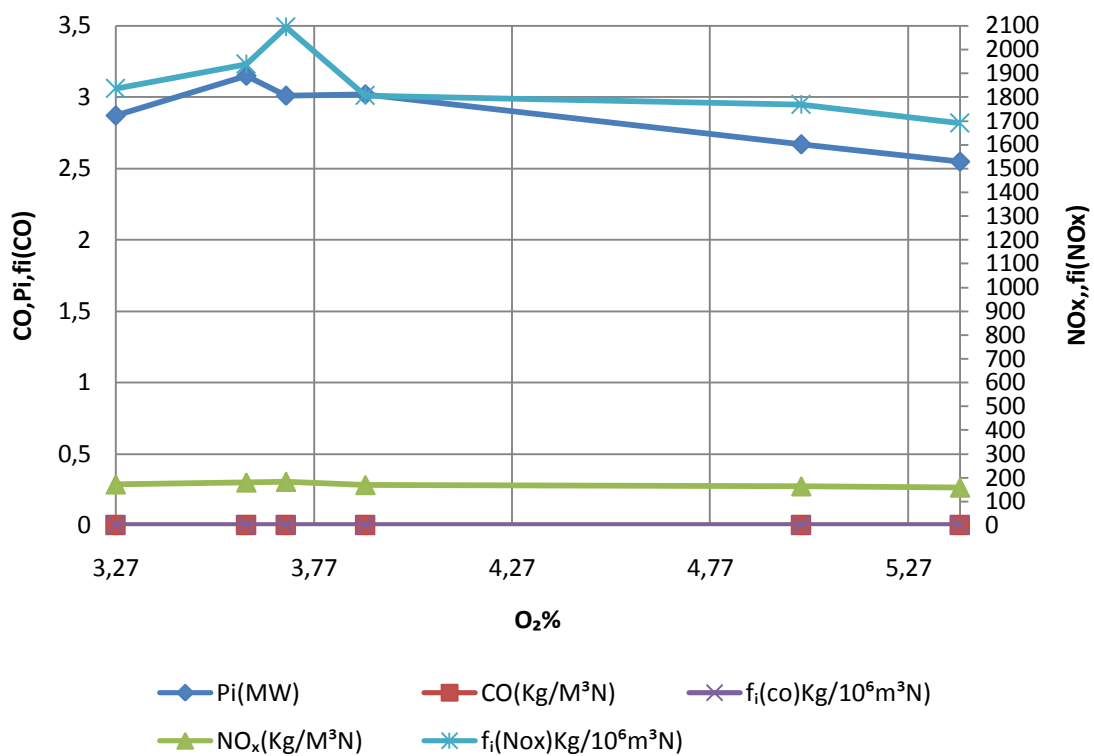
ANALÝZA KYSLÍKU 2



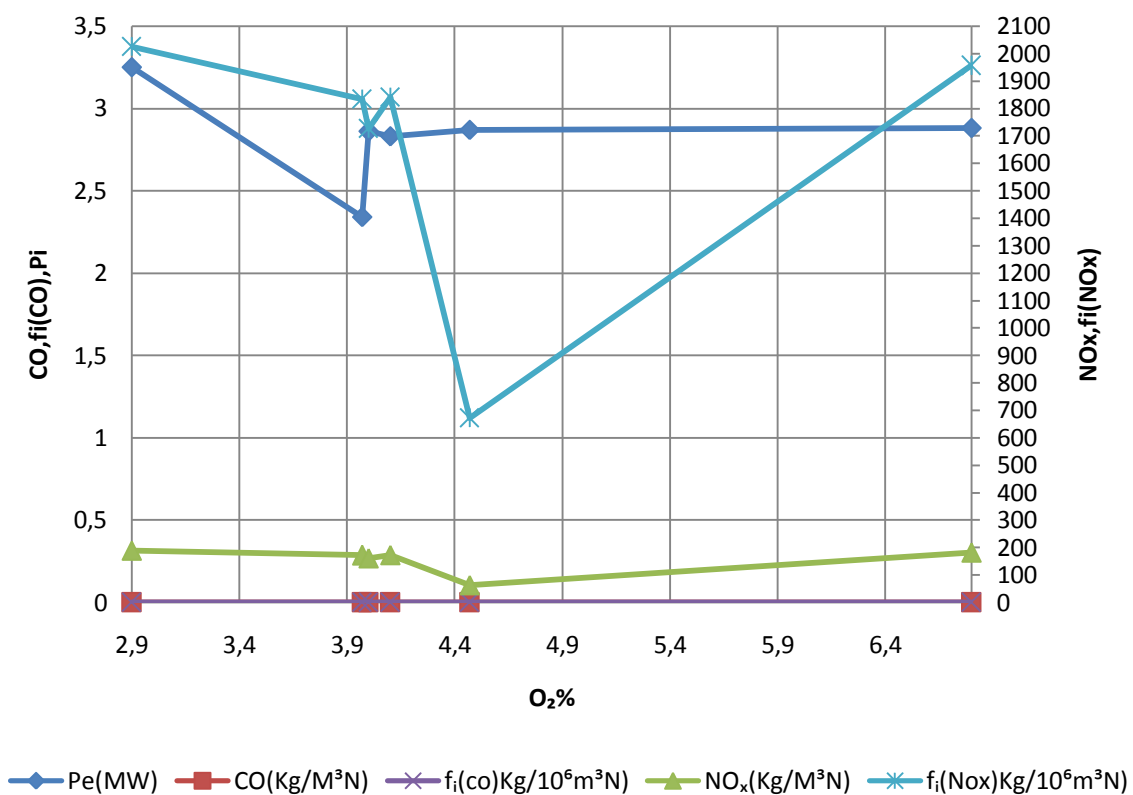
ANALÝZA KYSLÍKU3



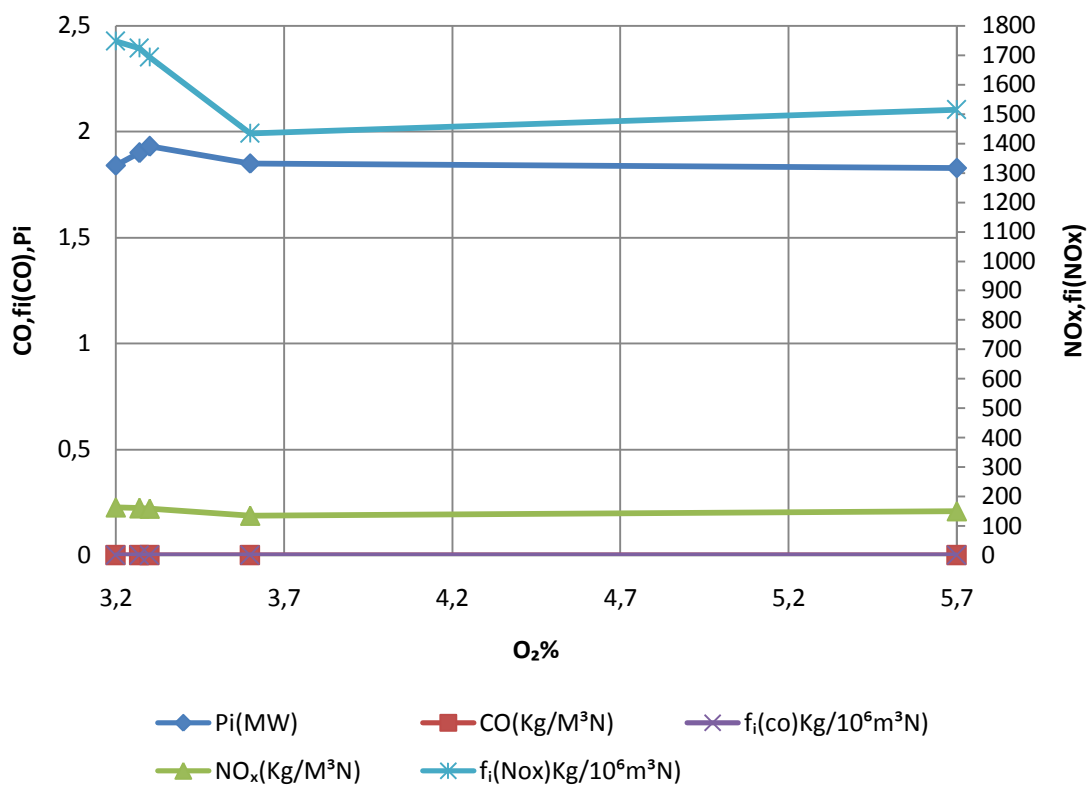
ANALÝZA KYSLÍKU 4



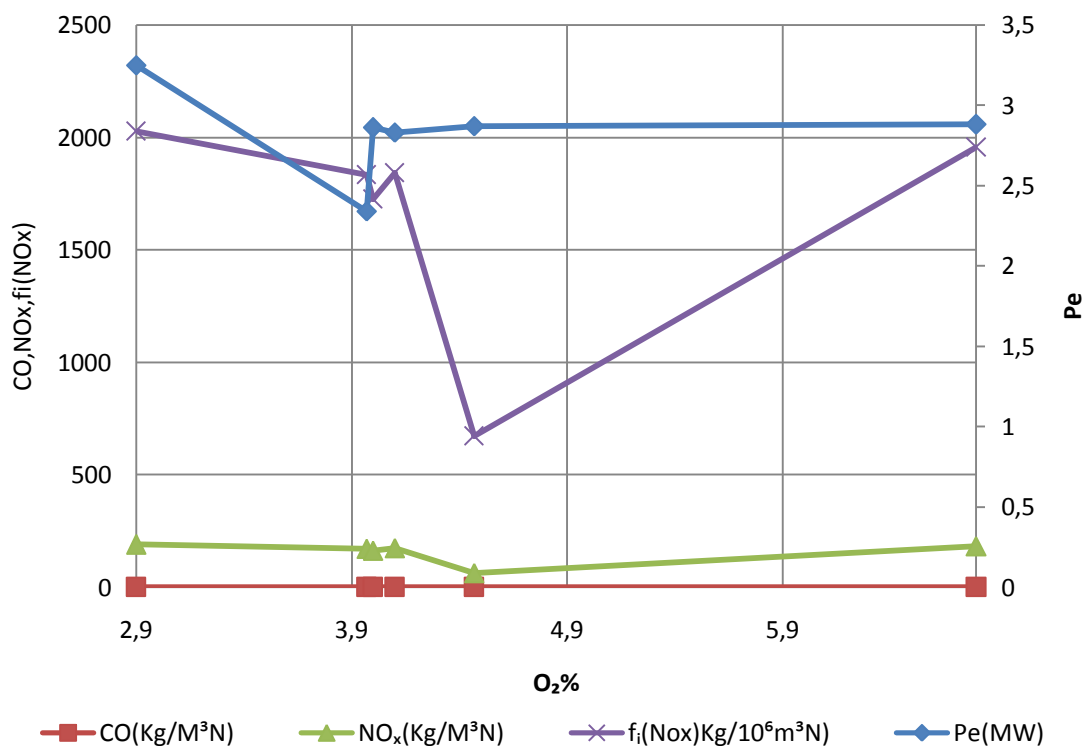
ANALÝZA KYSLÍKU 5



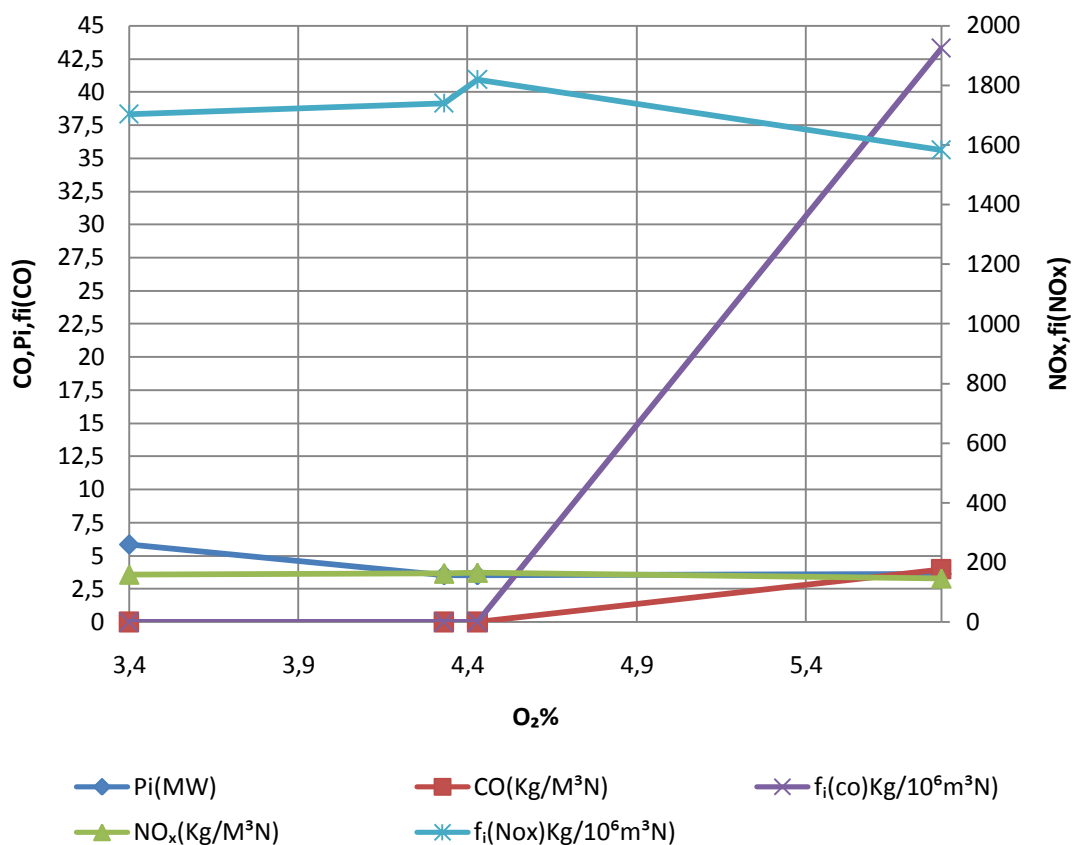
ANALÝZA KYSLÍKU 6



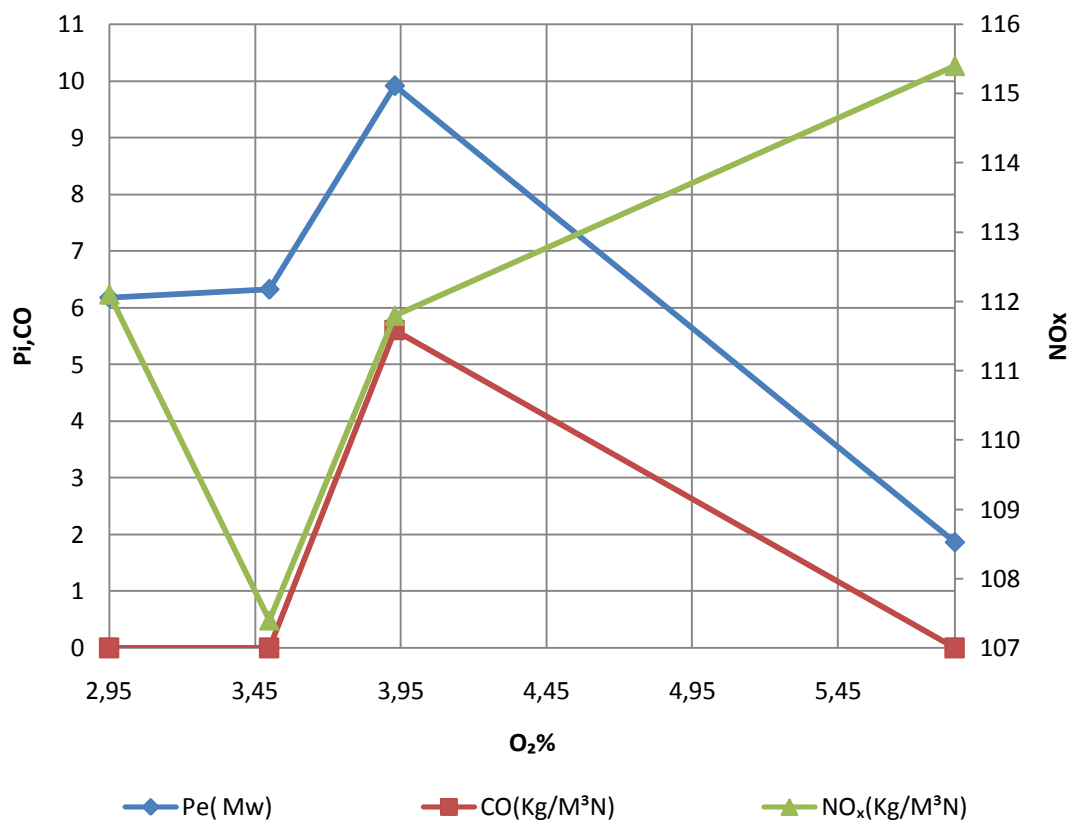
ANALÝZA KYSLÍKU 7



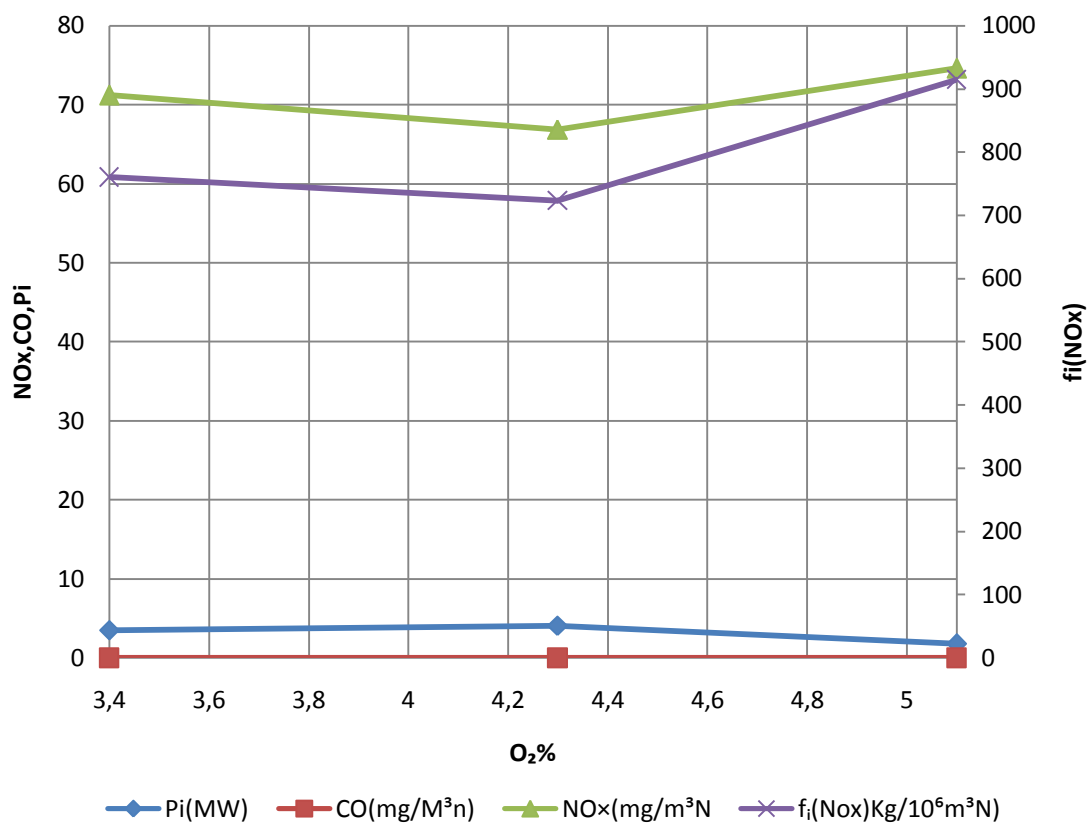
8 ANALÝZA KYSLÍKU



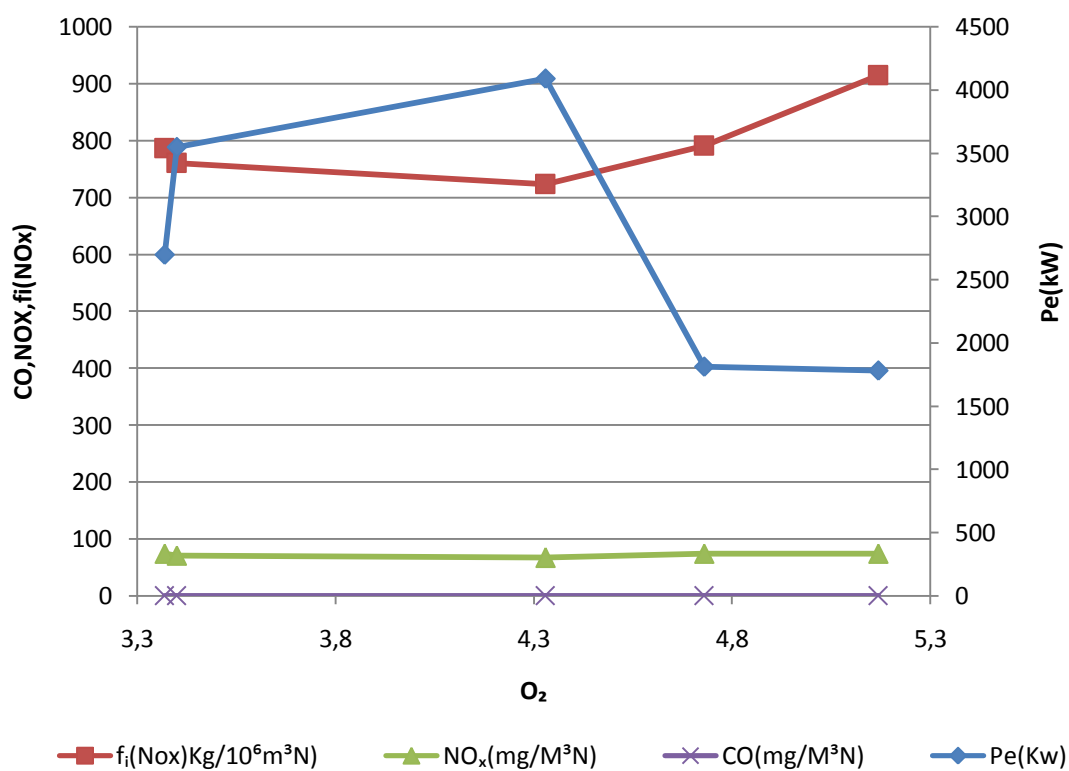
9 ANALÝZA KYSLÍKU



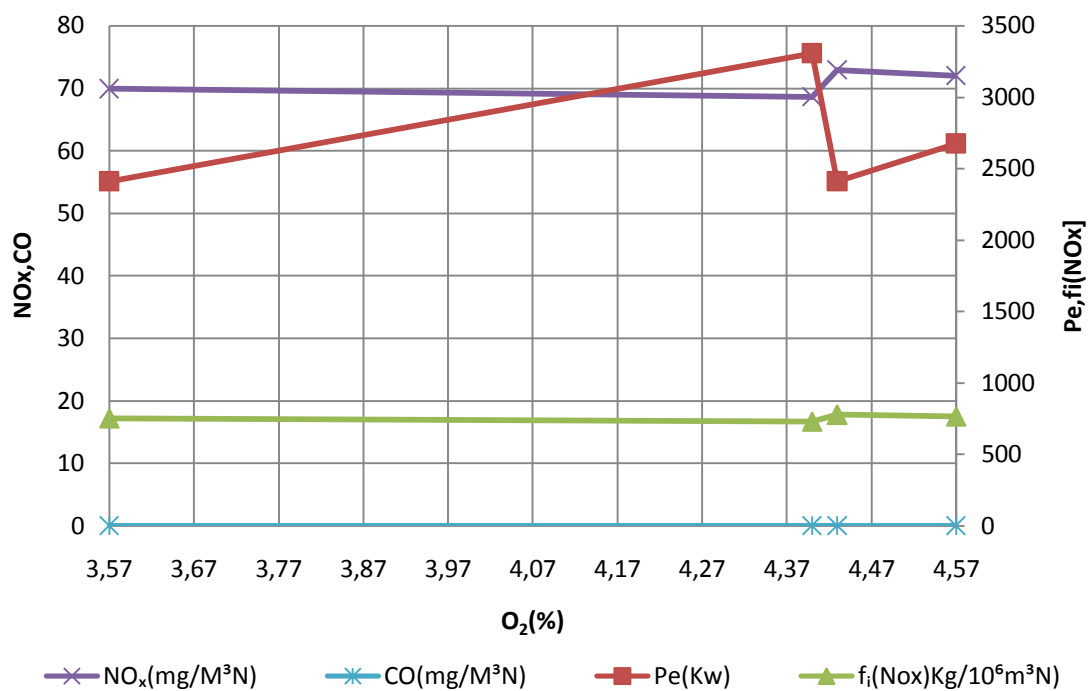
ANALÝZA KYSLÍKU 10



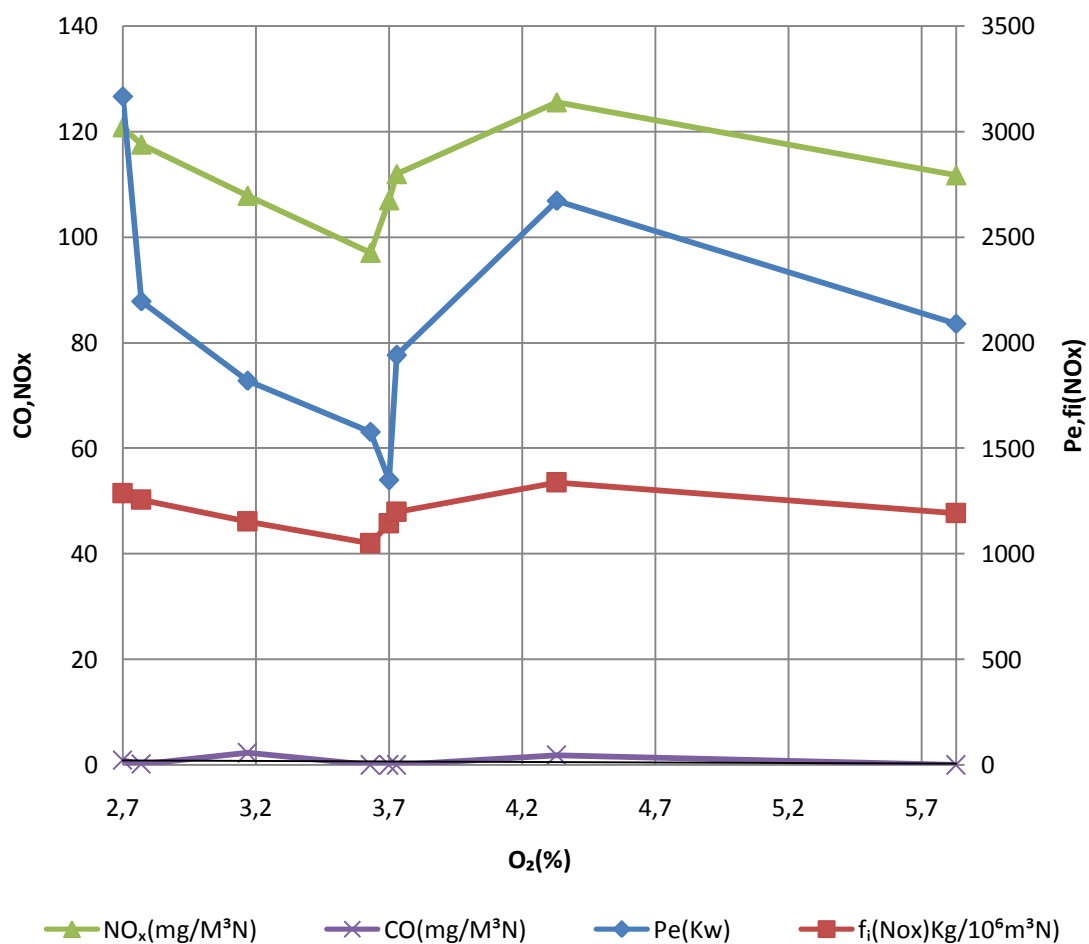
ANALÝZA KYSLÍKU 11



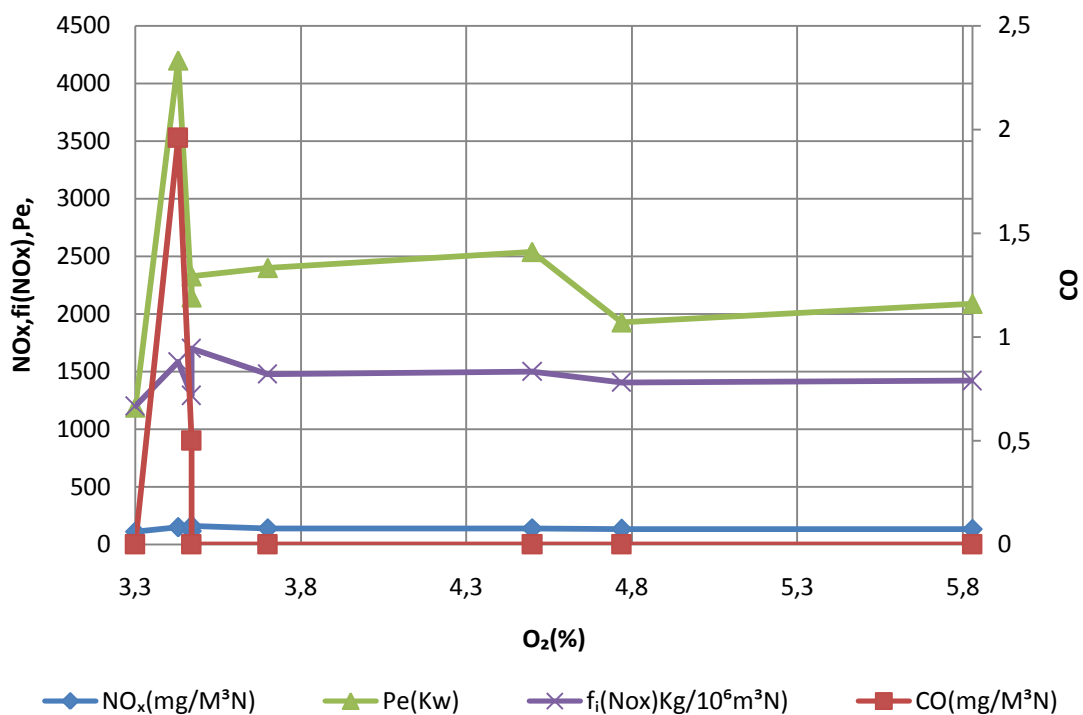
analýza kyslíku 12



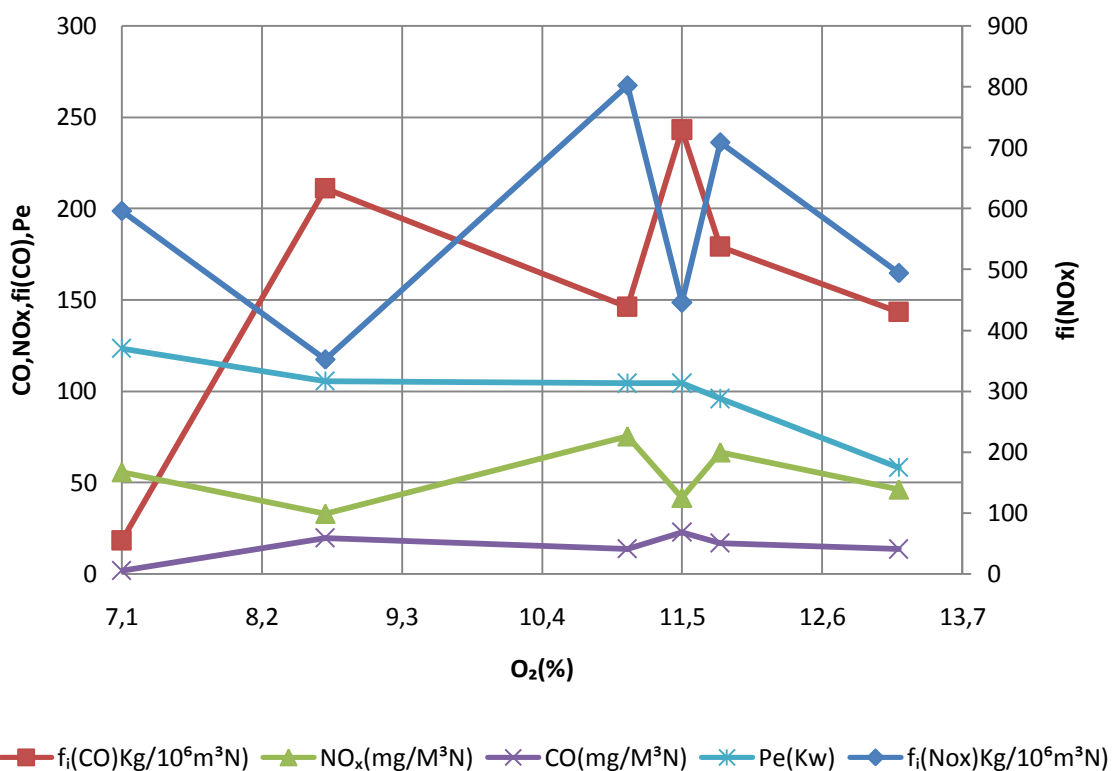
ANALÝZA KYSLÍKU 13



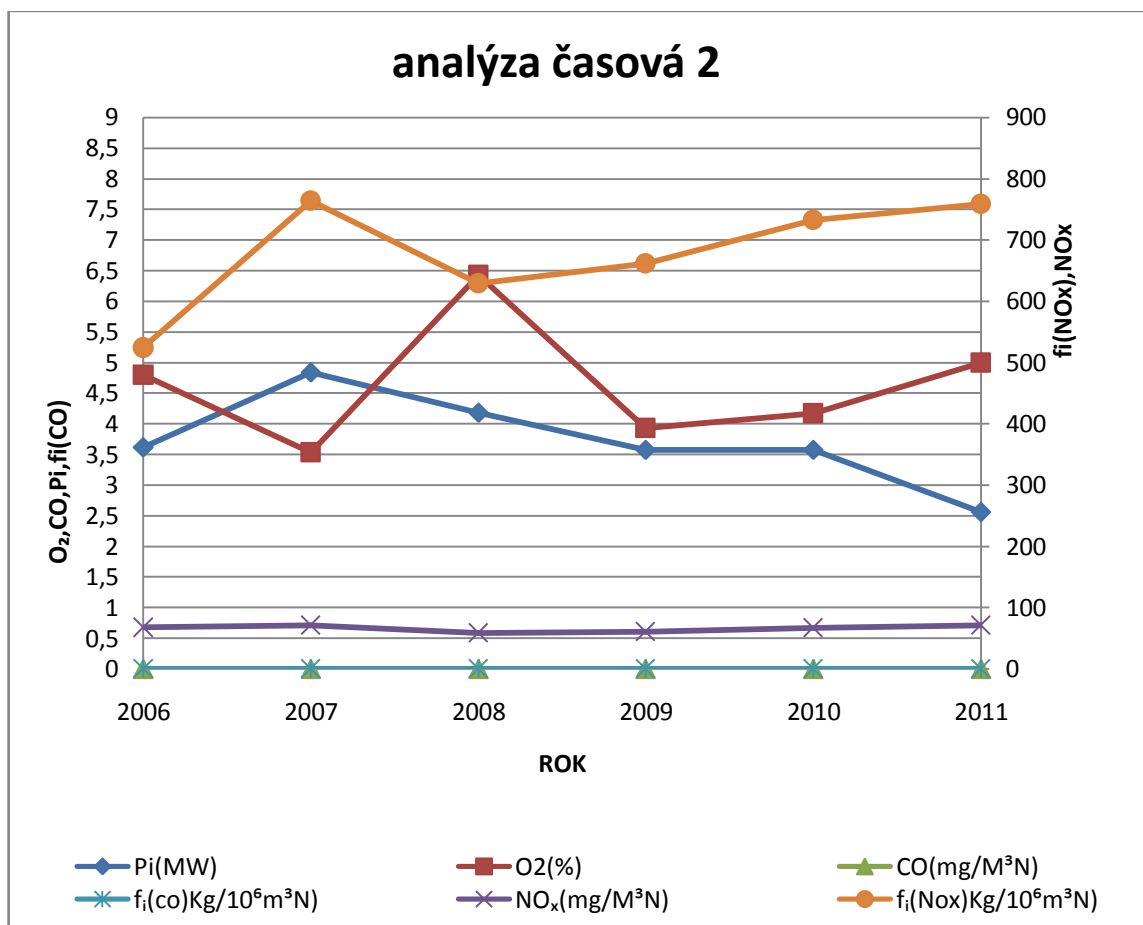
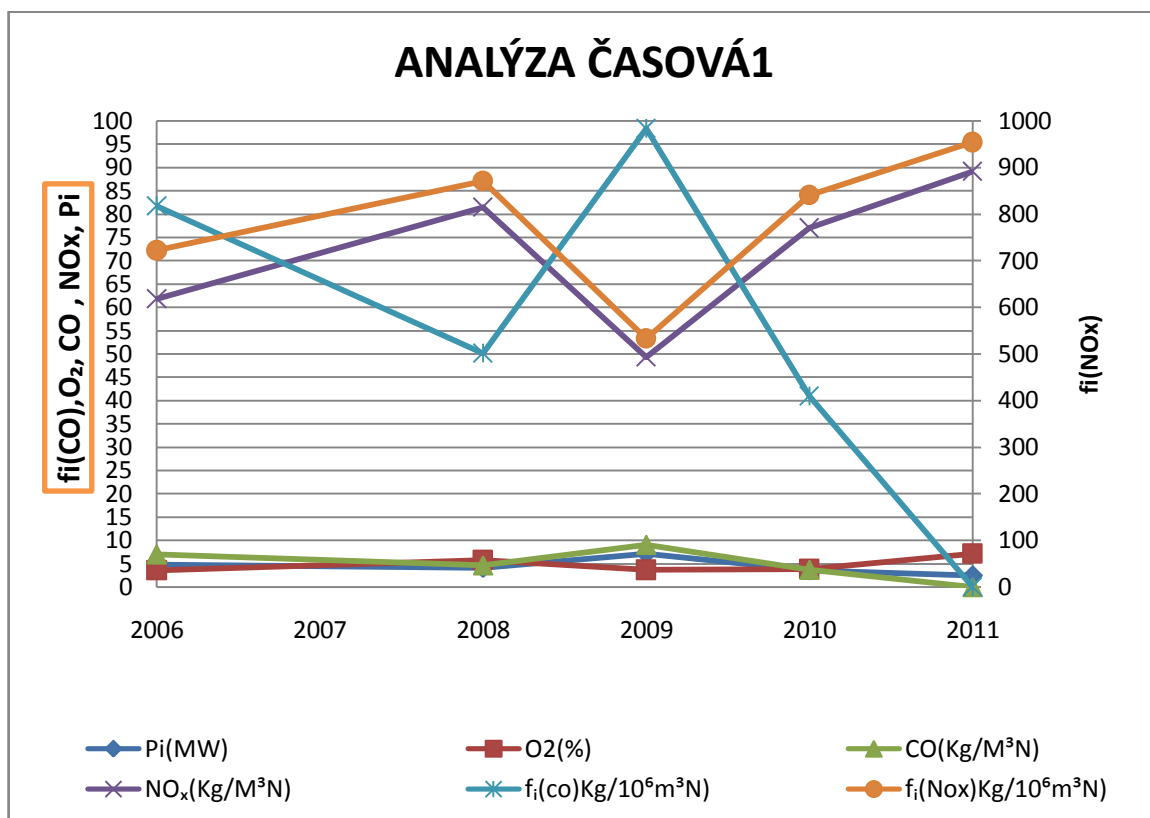
ANALÝZA KYSLÍKU 14



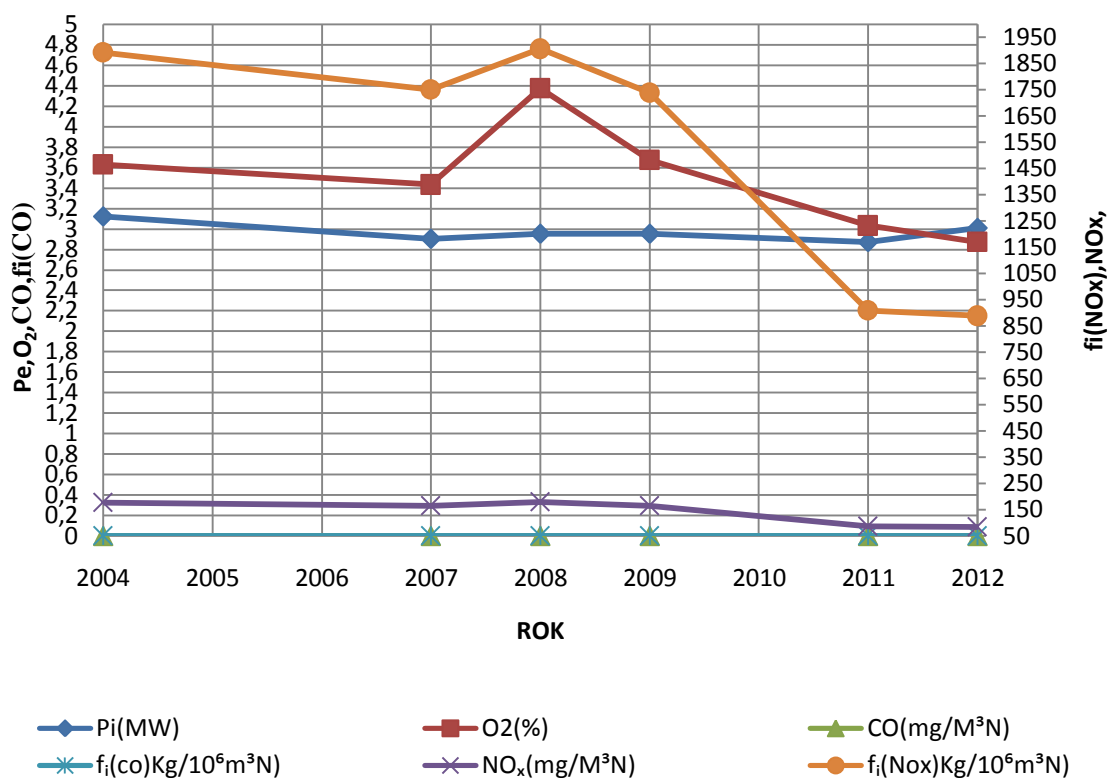
ANALÝZA KYSLÍKU 15



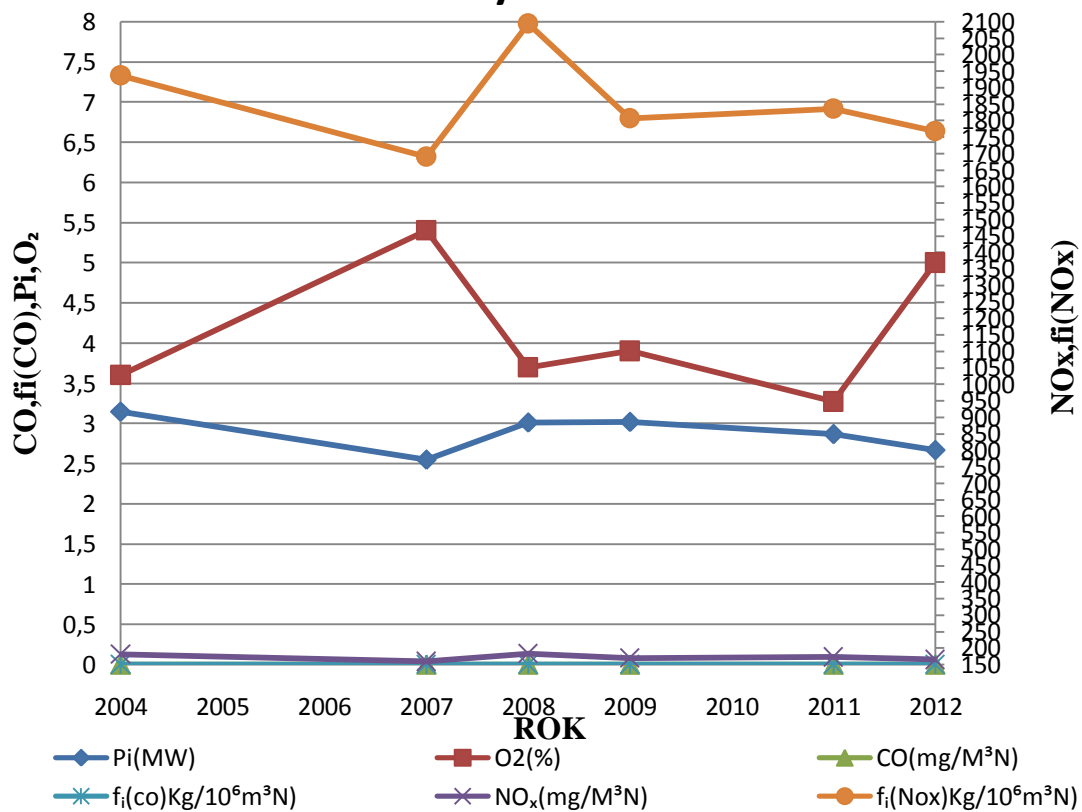
7.2.3 PŘÍLOHA ANALÝZA ČASOVÁ:



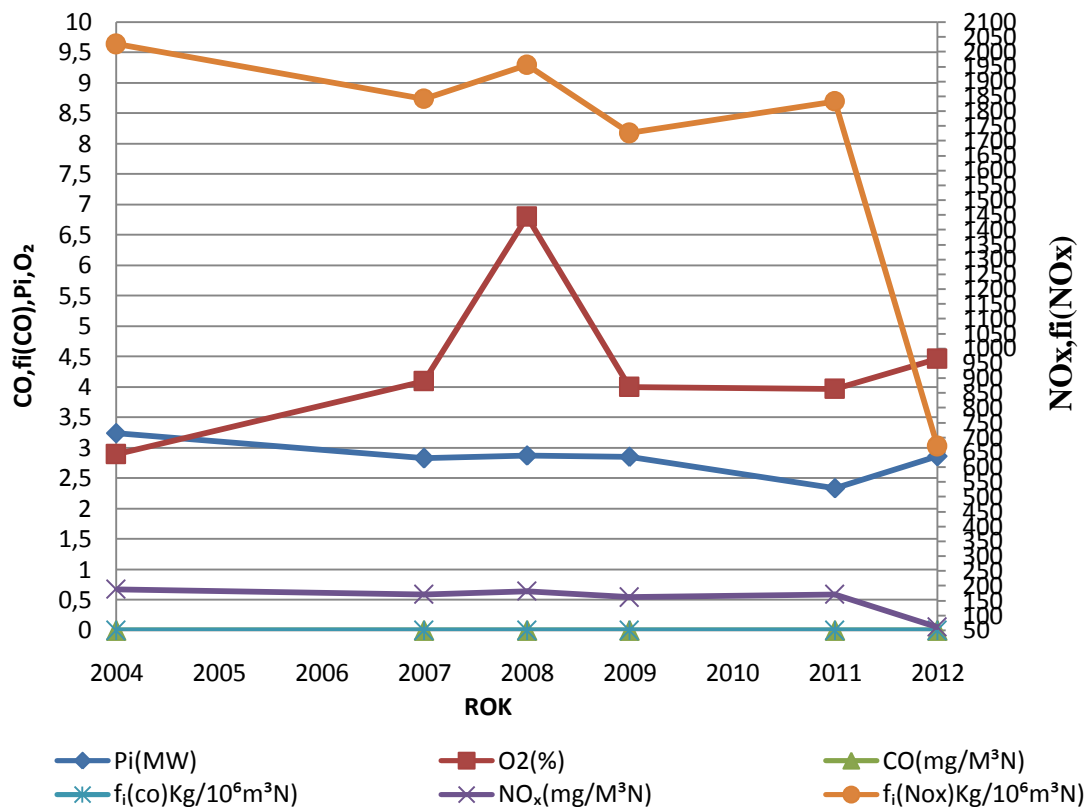
Analýza časová 3



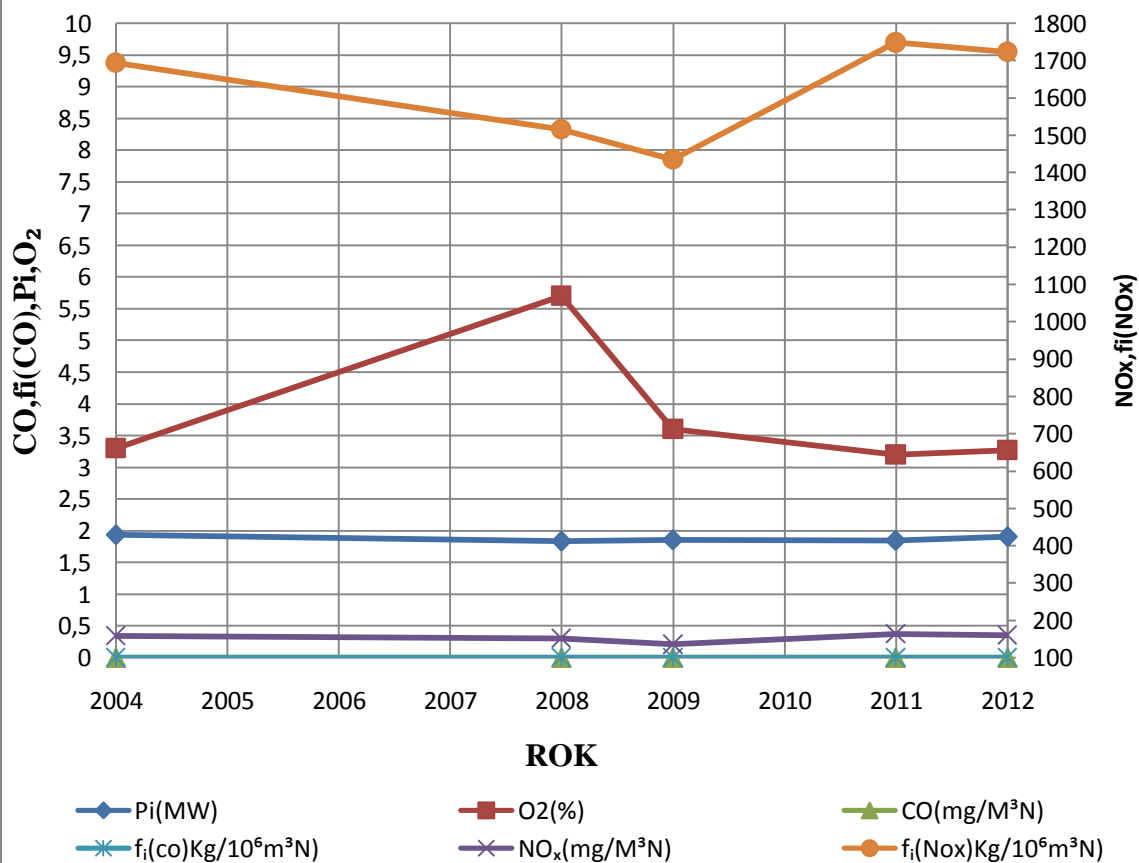
Analýza časová 4



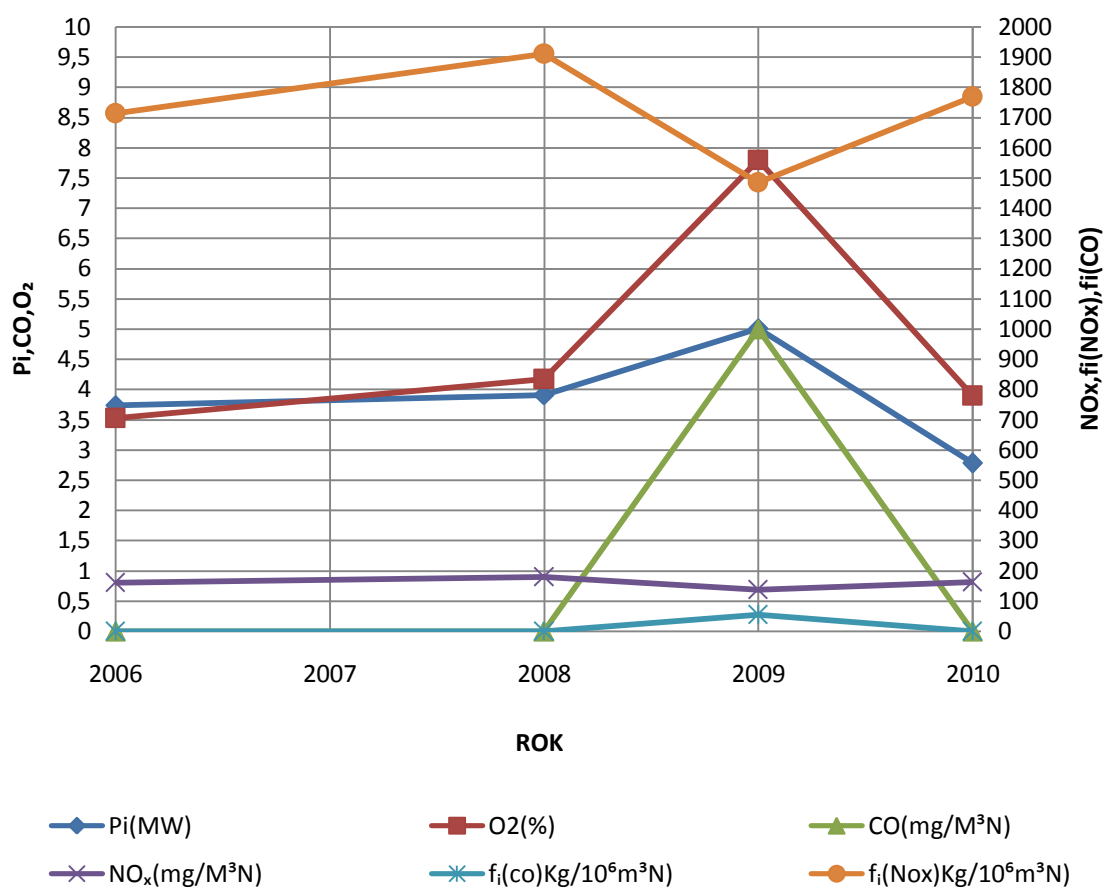
Analýza časová 5



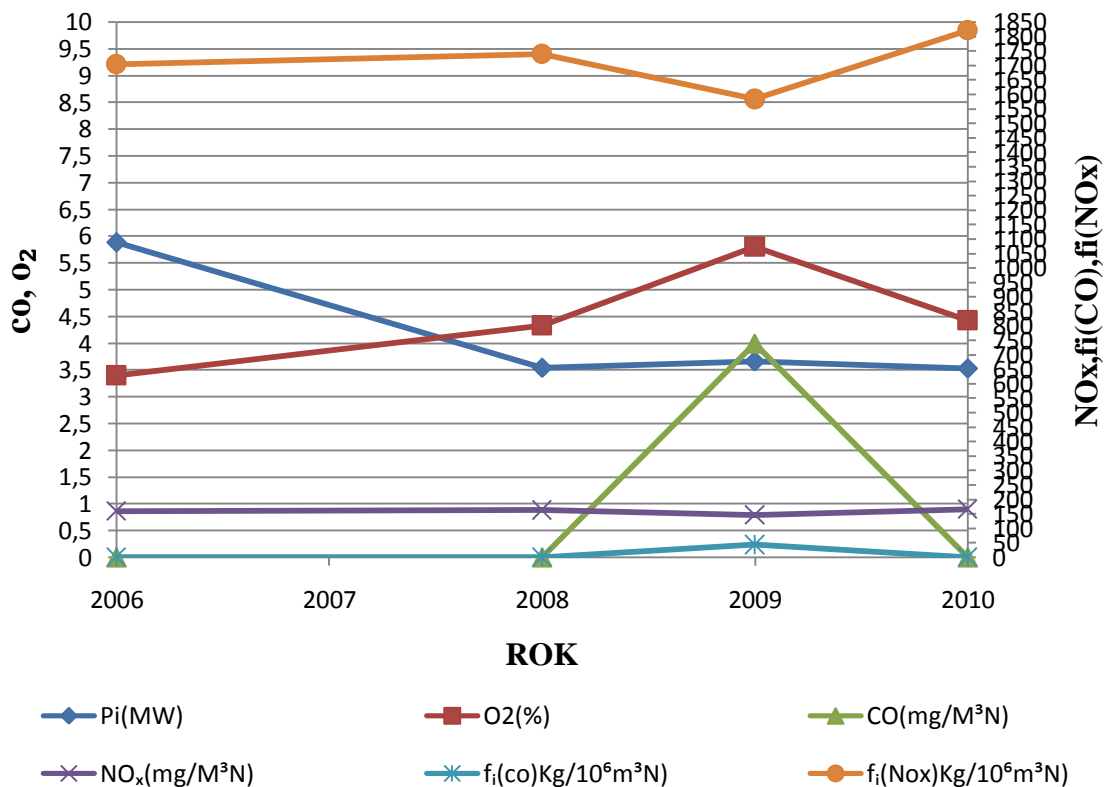
Analýza časová 6



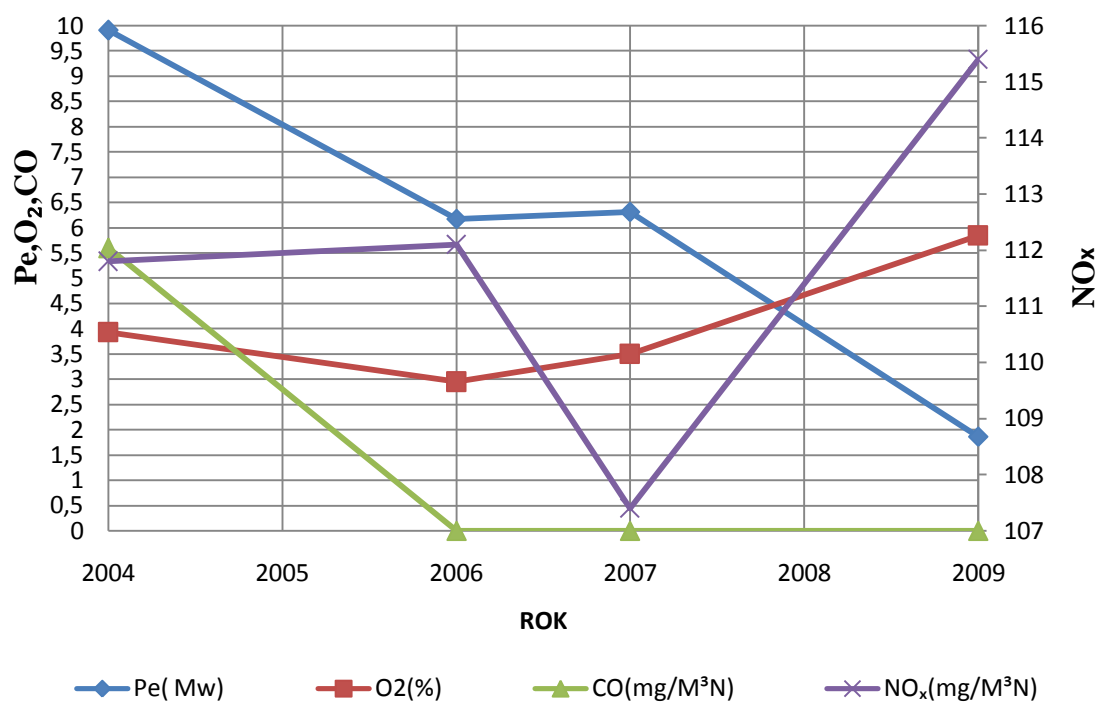
Analýza časová 7



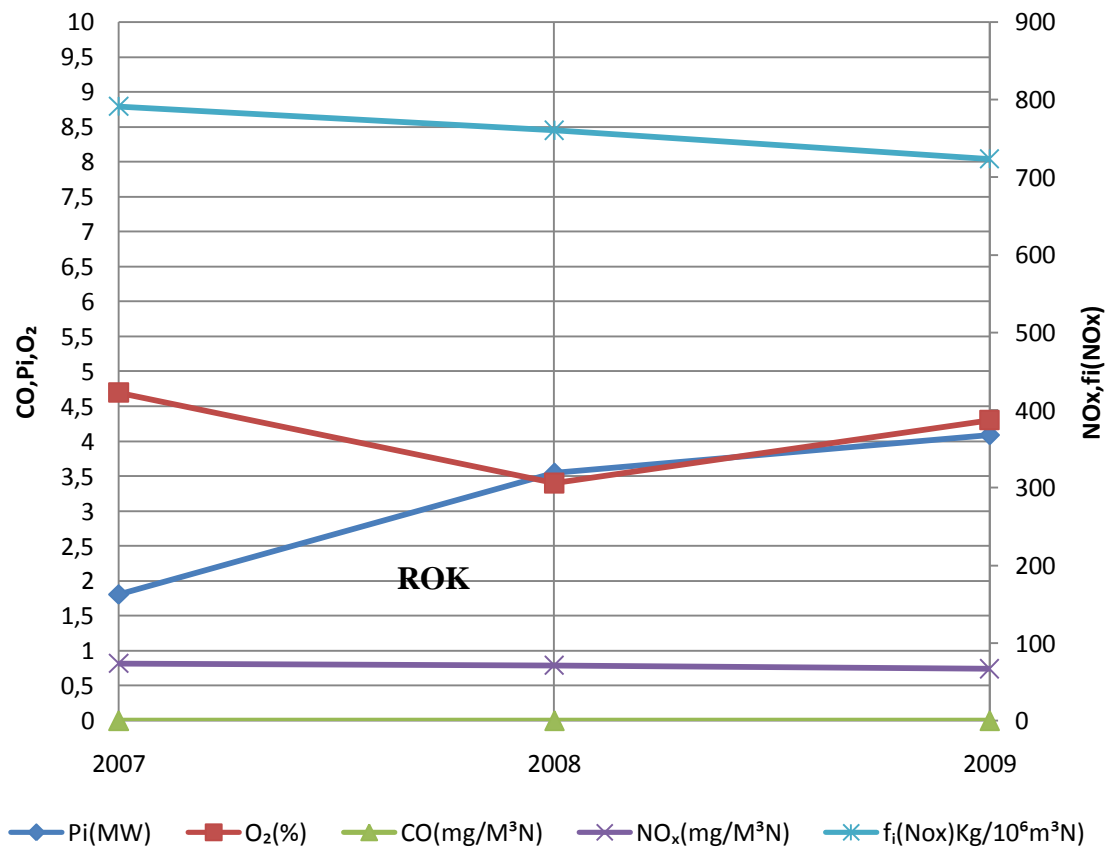
Analýza časová 8



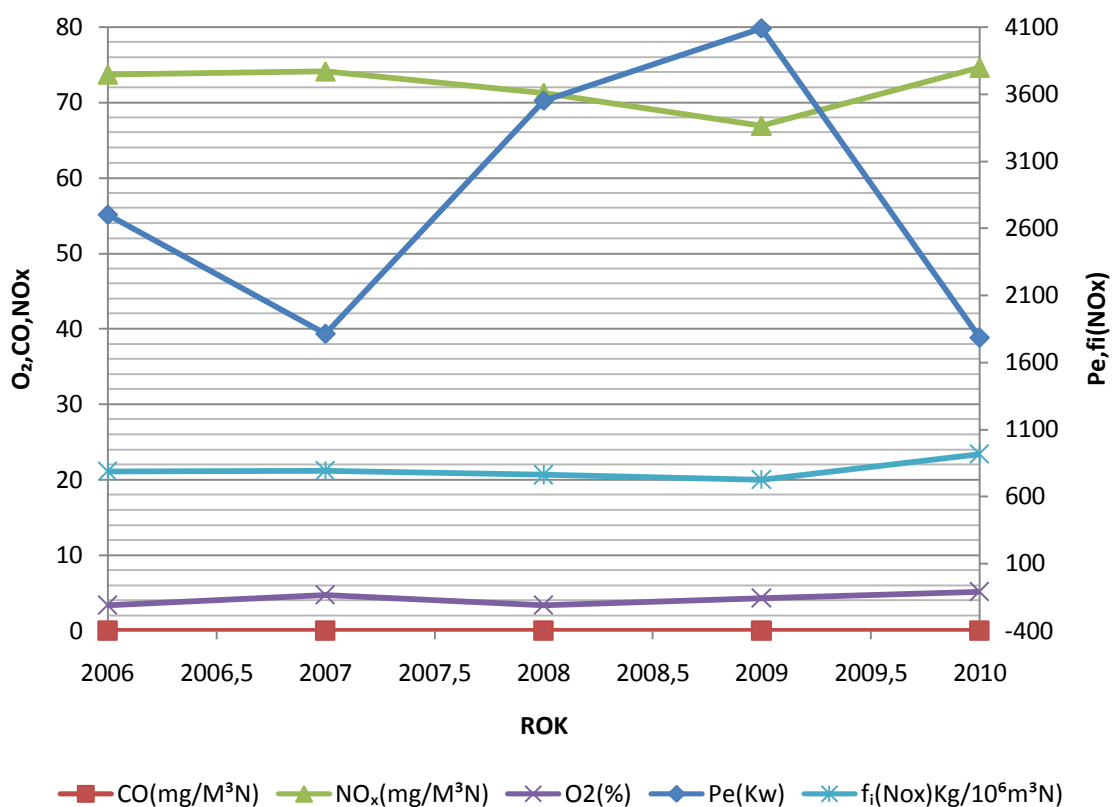
Analýza časová 9



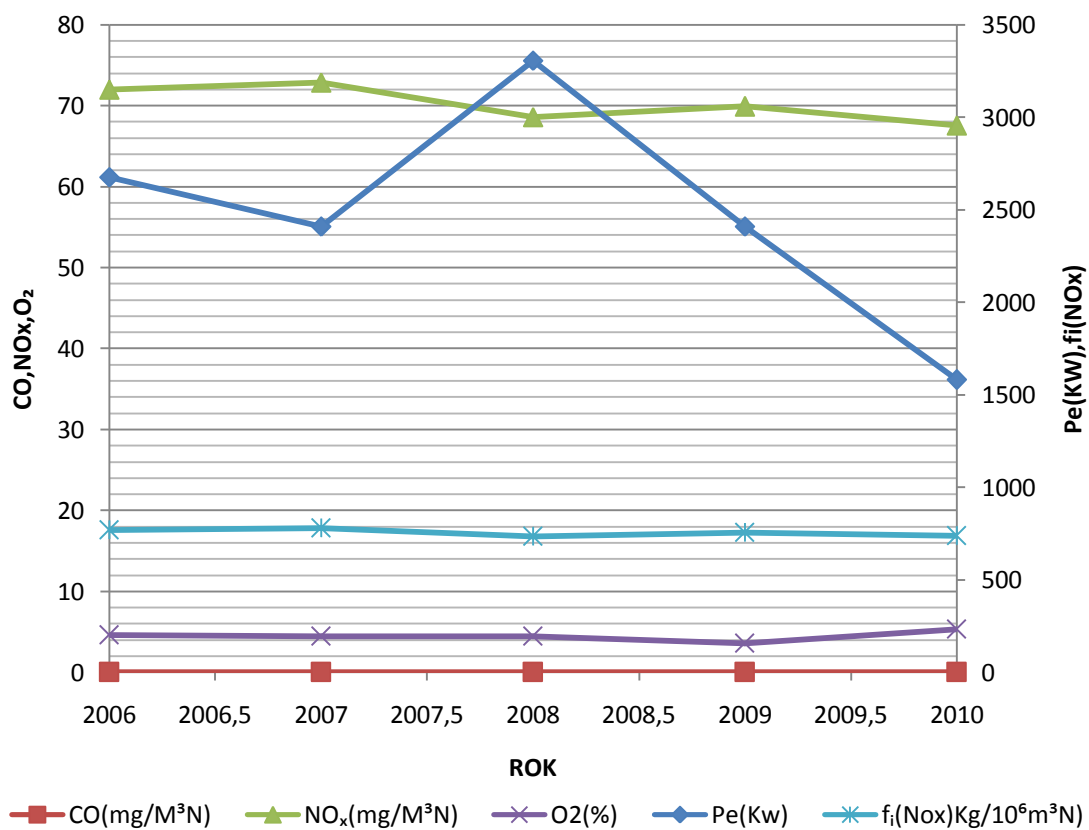
ANALÝZA ČASOVÁ 10



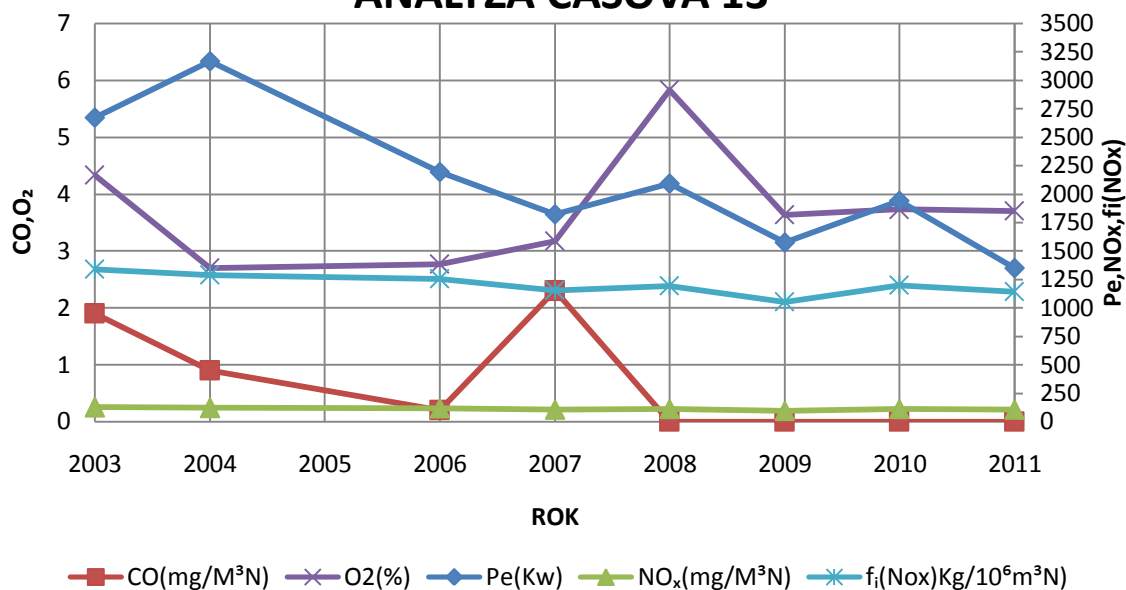
ANALÝZA ČASOVÁ 11



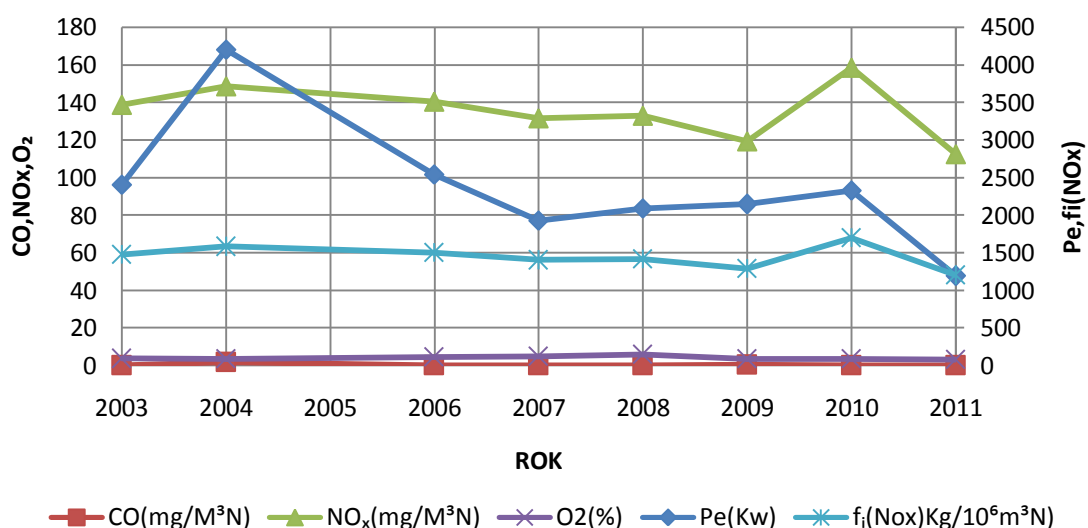
ANALÝZA ČASOVÁ 12



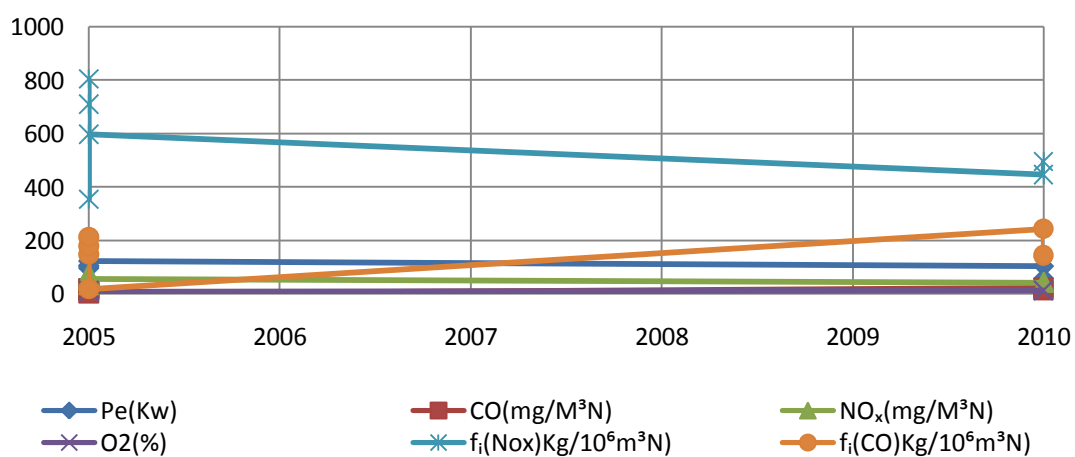
ANALÝZA ČASOVÁ 13



ANALÝZA ČASOVÁ 14



ANALÝZA ČASOVÁ 15



8 Závěr:

Bakalářská práce analyzuje vliv provozních podmínek a parametrů seřízení kotle na emisní vlastnosti plynového kotle, která se uskutečnila na katedře vozidel a motoru, v období 2003 - 2011 na různých znečišťujících zdrojích. Následně v bakalářské práci byly použity statisticky zpracované analýzy výsledků měření, které ověřují vliv výkonu plynových kotlů na emisní vlastnosti kotle.

Pro obecné závislosti všech typů kotlů by bylo nutné provést rozsáhlou analýzu většího souboru vybraných kotlů a paliv.

V konečném výsledku je zahrnuto posouzení závislostí emisí na obsahu kyslíku ve spalínách a na výkonu zdroje. Dozvíme se, že s rostoucím obsahem kyslíku nebo výkonu bude stoupat i koncentrace složek emisí.

Doufám, že tato bakalářská práce bude pro katedru stejným přínosem, jako byla pro mně při získávání výsledků a analýz kotlů. Ke snížení znečištění životního prostředí bychom měli používat jako palivo zemní plyn pro spalovací zdroje.

9 Seznam použité literatury:

- 1) Protokly o autorizovaných měření plynových kotlů. TUL, 2000 – 2011
- 2) Takáts, M .Měření emisí spalovacích motorů. Skripta ČVTU,Praha,1997
- 3) Jáklová, H. způsoby přepočtu naměřených koncentrací škodlivých emisí pro spalovací motory ve stacionárních zdrojích znečišťování. Bakalářská práce. TUL, fakulta strojní,2002.
- 4) Vyhláška Ministerstva životního prostředí ze dne 11.července roku 2002 Sb.,
- 5) O ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší)
- 6) Martin Cibulka. Přesnost měření výfukových emisí spalovacích motorů. Bakalářská práce. TUL, fakulta strojní,1997.
- 7) Vlastimil Štechr. Rozbor podmínek vzniku emisí NOx ve výfukových plynech plynového zážehového motoru AVIA NG.Bakalářská práce. TUL, fakulta strojní,2000.
- 8) Přednáška č.9 – korelace,metody regresní analýzy, výpočet parametrů lineární regrese, nelineární regrese. Inženýrská statistika,TUL,fakulta strojní.
- 9) Emisní limity pro kotle podle § 54 odst. 8 zákona č.86/2002 Sb.,
- 10) Vyhláškou MŽP č. 146/2007Sb.,
- 11) Přednáška z předmětu základy teorie vozidel a vozidlových motorů,TUL, fakulta strojní.
- 12) Všeobecné znalosti kotlů {online} dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/2170-horaky-pro-spalovani-zemniho-plynu-ii>>

Odkazy (poznámky pod čarou):

- ¹⁾Zákon č.18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů.
- ⁴⁾ zákon č. 22/1997 sb., o technických požadavcích na výrobky, ve znění pozdějších předpisů.
- ⁵⁾ Například zákon č. 56/2001 Sb., O podmínkách provozu na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., O pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou Provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb.,
- ⁷⁾ zákon Č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.
- ⁸⁾ zákon č. 266/1994 Sb., O drahách, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 114/1995 Sb., O vnitrozemské plavbě, ve znění zákona č. 358/1999 Sb.,
- Zákon č. 49/1997 Sb., O civilním letectví a o změně a doplnění zákona č.455/1991 Sb., o živnostenské podnikání (živnostenský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Seznam obrázků:

Obr. 1. Graf využití energetických zdrojů.	8
Obr.2. Absorpční spektra výfukových plynů	10
Obr. 3. Infraanalyzátor výfukových plynů	11
Obr.4 Schéma analyzátoru	12
Obr. 5 Schéma přístroje pracující na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene	13
Obr. 6 Schéma přístroje pracující na principu magnetických vlastností	14
Obr .7 použitá měřicí sestava.	15